

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP97/04623

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁶ H03H9/19, H03H3/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁶ H03H9/00-9/13, H03H9/15-9/19, H03H3/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926-1997 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1997
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1997 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-1997

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP, 63-131224, U (Meidensha Corp.), August 26, 1988 (26. 08. 88) (Family: none)	1, 2, 14
Y		3-13
X	JP, 6-303077, A (Seiko Epson Corp.), October 28, 1994 (28. 10. 94) (Family: none)	8
Y		1-7, 9-14
Y	JP, 3-107821, U (NEC Kansai, Ltd.), November 6, 1991 (06. 11. 91), Fig. 4 (Family: none)	1-14
Y	JP, 3-113909, A (Nihon Dempa Kogyo Co., Ltd.), May 15, 1991 (15. 05. 91), Fig. 2 (Family: none)	3
Y	JP, 55-91217, U (Fujitsu Ltd.), June 24, 1980 (24. 06. 80) (Family: none)	4, 5, 9, 10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
--	---

Date of the actual completion of the international search
March 9, 1998 (09. 03. 98)

Date of mailing of the international search report
March 24, 1998 (24. 03. 98)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP97/04623

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, 57-32118, A (Nihon Dempa Kogyo Co., Ltd.), February 20, 1982 (20. 02. 82) (Family: none)	4-7, 9-13
Y	JP, 61-247775, A (Meidensha Corp.), November 5, 1986 (05. 11. 86) (Family: none)	4, 5, 9, 10
Y	JP, 60-132024, U (K.K. Daiwa Shinku Kogyosho), September 4, 1985 (04. 09. 85), Fig. 3 (Family: none)	12, 13
A	JP, 2-207613, A (Seiko Denshi Buhin K.K.), August 17, 1990 (17. 08. 90), Fig. 3 (Family: none)	3

P C T



国際調査報告

(法8条、法施行規則第40、41条)
〔PCT18条、PCT規則43、44〕

出願人又は代理人 の書類記号 P 3 0 0 3 WO-HO	今後の手続きについては、国際調査報告の送付通知様式(PCT/ISA/220)及び下記5を参照すること。	
国際出願番号 PCT/J P 9 7 / 0 4 6 2 3	国際出願日 (日.月.年) 1 6 . 1 2 . 9 7	優先日 (日.月.年) 1 3 . 0 1 . 9 7
出願人(氏名又は名称) セイコーエプソン株式会社		

国際調査機関が作成したこの国際調査報告を法施行規則第41条(PCT18条)の規定に従い出願人に送付する。
この写しは国際事務局にも送付される。

この国際調査報告は、全部で 3 ページである。

☐ この調査報告に引用された先行技術文献の写しも添付されている。

1. ☐ 請求の範囲の一部の調査ができない(第I欄参照)。
2. ☐ 発明の単一性が欠如している(第II欄参照)。
3. ☐ この国際出願は、ヌクレオチド及び/又はアミノ酸配列リストを含んでおり、次の配列リストに基づき国際調査を行った。
 - ☐ この国際出願と共に提出されたもの
 - ☐ 出願人がこの国際出願とは別に提出したもの
 - ☐ しかし、出願時の国際出願の開示の範囲を越える事項を含まない旨を記載した書面が添付されていない
 - ☐ この国際調査機関が書換えたもの

4. 発明の名称は
 - ☒ 出願人が提出したものを承認する。
 - ☐ 次に示すように国際調査機関が作成した。

5. 要約は
 - ☒ 出願人が提出したものを承認する。
 - ☐ 第III欄に示されているように、法施行規則第47条(PCT規則38.2(b))の規定により国際調査機関が作成した。出願人は、この国際調査報告の発送の日から1カ月以内にこの国際調査機関に意見を提出することができる。

6. 要約書とともに公表される図は、
 - 第 1(a) 図とする。 ☒ 出願人が示したとおりである。 ☐ なし
 - ☐ 出願人は図を示さなかった。
 - ☐ 本図は発明の特徴を一層よく表している

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl. ⁸ H03H 9/19 Int. Cl. ⁸ H03H 3/02		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl. ⁸ H03H9 00-9/13 Int. Cl. ⁸ H03H9 15-9/19 Int. Cl. ⁸ H03H3 02		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1926-1997年 日本国公開実用新案公報 1971-1997年 日本国登録実用新案公報 1994-1997年 日本国実用新案登録公報 1996-1997年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P, 63-131224, U (株式会社明電舎), 26. 8月. 1988 (26. 08. 88) (ファミリーなし)	1, 2, 14
Y		3-13
X	J P, 6-303077, A (セイコーエプソン株式会社), 2 8. 10月. 1994 (28. 10. 94) (ファミリーなし)	8
Y		1-7, 9-14
Y	J P, 3-107821, U (関西日本電気株式会社), 6. 11 月. 1991 (06. 11. 91), 第4図, (ファミリーなし)	1-14
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 09. 03. 98	国際調査報告の発送日 2000. 03. 28	
国際調査機関の名称及びおて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 桑江 晃	5 J 9571
	電話番号 03-3581-1101 内線 6568	

C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P, 3-113909, A (日本電波工業株式会社), 15. 5月. 1991 (15. 05. 91), 第2図, (ファミリーなし)	3
Y	J P, 55-91217, U (富士通株式会社), 24. 6月. 1980 (24. 06. 80) (ファミリーなし)	4, 5, 9, 10
Y	J P, 57-32118, A (日本電波工業株式会社), 20. 2月. 1982 (20. 02. 82) (ファミリーなし)	4-7, 9-13
Y	J P, 61-247775, A (株式会社明電舎), 5. 11. 1986 (05. 11. 86) (ファミリーなし)	4, 5, 9, 10
Y	J P, 60-132024, U (株式会社大和真空工業所), 4. 9月. 1985 (04. 09. 85), 第3図, (ファミリーなし)	12, 13
A	J P, 2-207613, A (セイコー電子部品株式会社), 17. 8月. 1990 (17. 08. 90), 第3図, (ファミリーなし)	3

PCT REQUEST

The undersigned requests that the present
international application be processed
according to the Patent Cooperation Treaty

For receiving Office use only

International Application No.
International Filing Date
Name of receiving Office and "PCT International Application"

Applicant's or agent's file reference P3003WO-HO
(if desired) (12 characters maximum)

Box No. I TITLE OF INVENTION Piezoelectric Resonator, Method For Manufacturing Same And Piezoelectric Resonator Unit	
Box No. II APPLICANT <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 65%;"> <p><small>Name and address: (Family name followed by given name, for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country. The country of the address indicated in this Box is the applicant's State (i.e. country) of residence if no State of residence is indicated below.)</small></p> <p>Seiko Epson Corporation</p> <p>4-1, Nishi-shinjuku 2-chome, Shinjuku-ku, Tokyo, 163 JAPAN</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p><input type="checkbox"/> This person is also inventor.</p> <p>Telephone No</p> <p>Facsimile No</p> <p>Teleprinter No.</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="width: 45%;"> <p><small>State (i.e. country) of nationality:</small></p> <p>JAPAN</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p><small>State (i.e. country) of nationality:</small></p> <p>JAPAN</p> </div> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <p><small>This person is applicant for the purposes of:</small></p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <input type="checkbox"/> all designated States <input checked="" type="checkbox"/> all designated States except the United States of America <input type="checkbox"/> the United States of America only <input type="checkbox"/> the States indicated in the Supplemental Box </div> </div>	
Box No. III FURTHER APPLICANT(S) AND/OR (FURTHER) INVENTOR(S) <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 65%;"> <p><small>Name and address: (Family name followed by given name, for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country. The country of the address indicated in this Box is the applicant's State (i.e. country) of residence if no State of residence is indicated below.)</small></p> <p>IKEGAMI Yasumitsu</p> <p>c/o Seiko Epson Corporation</p> <p>3-5, Owa 3-chome, Suwa-shi, Nagano-ken 392 JAPAN</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p><small>This person is:</small></p> <p><input type="checkbox"/> applicant only</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> applicant and inventor</p> <p><input type="checkbox"/> inventor only (if this check box is marked, do not fill in below)</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="width: 45%;"> <p><small>State (i.e. country) of nationality:</small></p> <p>JAPAN</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p><small>State (i.e. country) of nationality:</small></p> <p>JAPAN</p> </div> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <p><small>This person is applicant for the purposes of:</small></p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <input type="checkbox"/> all designated States <input type="checkbox"/> all designated States except the United States of America <input checked="" type="checkbox"/> the United States of America only <input type="checkbox"/> the States indicated in the Supplemental Box </div> </div> <p><input type="checkbox"/> Further applicants and/or (further) inventors are indicated on a continuation sheet.</p>	
Box No. IV AGENT OR COMMON REPRESENTATIVE; OR ADDRESS FOR CORRESPONDENCE <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-bottom: 10px;"> <p><small>The person identified below is hereby/has been appointed to act on behalf of the applicant(s) before the competent International Authorities as:</small></p> <div> <input checked="" type="checkbox"/> agent <input type="checkbox"/> common representative </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 65%;"> <p><small>Name and address: (Family name followed by given name, for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country.)</small></p> <p>9338 SUZUKI Kisaburo</p> <p>9572 KAMIYANAGI Masataka</p> <p>10726 SUZAWA Osamu</p> <p>c/o Seiko Epson Corporation</p> <p>4-1, Nishi-shinjuku 2-chome, Shinjuku-ku, Tokyo, 163 JAPAN</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p>Telephone No</p> <p>03-3348-8531 (ex: 2610-2615)</p> <p>Facsimile No</p> <p>03-3340-4258</p> <p>Teleprinter No.</p> </div> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <p><input type="checkbox"/> Mark this check-box where no agent or common representative is/has been appointed and the space above is used instead to indicate a special address to which correspondence should be sent.</p> </div>	

Box No. V

DESIGNATION OF STATES

The following designations are hereby made Rule 4.9(a) (mark the applicable check-boxes; at least one must be marked):

Regional Patent

- ☐ **AP ARIPO Patent:** **KE** Kenya, **LS** Lesotho, **MW** Malawi, **SD** Sudan, **SZ** Swaziland, **UG** Uganda, and any other State which is a Contracting State of the Harare Protocol and of the PCT
- ☐ **EA Eurasian Patent** **AM** Armenia, **AZ** Azerbaijan, **BY** Belarus, **KG** Kyrgyzstan, **KZ** Kazakhstan, **MD** Republic of Moldova, **RU** Russian Federation, **TJ** Tajikistan, **TM** Turkmenistan, and any other State which is a Contracting State of the Eurasian Patent Convention of the PCT
- ☐ **EP European Patent:** **AT** Austria, **BE** Belgium, **CH and LI** Switzerland and Liechtenstein, **DE** Germany, **DK** Denmark, **ES** Spain, **FI** Finland, **FR** France, **GB** United Kingdom, **GR** Greece, **IE** Ireland, **IT** Italy, **LU** Luxembourg, **MC** Monaco, **NL** Netherlands, **PT** Portugal, **SE** Sweden, and any other State which is a Contracting State of the European Patent Convention and of the PCT
- ☐ **OA OAPI Patent:** **BF** Burkina Faso, **BJ** Benin, **CF** Central African Republic, **CG** Congo, **CI** Cote d'Ivoire, **CM** Cameroon, **GA** Gabon, **GN** Guinea, **ML** Mali, **MR** Mauritania, **NE** Niger, **SN** Senegal, **TD** Chad, **TG** Togo, and any other State which is a member State of OAPI and a Contracting State of the PCT (if other kind of protection or treatment desired, specify on dotted line)

National Patent (if other kind of protection or treatment desired, specify on dotted line):

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> AL Albania | <input type="checkbox"/> LU Luxembourg |
| <input type="checkbox"/> AM Armenia | <input type="checkbox"/> LV Latvia |
| <input type="checkbox"/> AT Austria | <input type="checkbox"/> MD Republic of Moldova |
| <input type="checkbox"/> AU Australia | <input type="checkbox"/> MG Madagascar |
| <input type="checkbox"/> BA Bosnia and Herzegovina | <input type="checkbox"/> MK The former Yugoslav Republic of Macedonia |
| <input type="checkbox"/> BB Barbados | <input type="checkbox"/> MN Mongolia |
| <input type="checkbox"/> BG Bulgaria | <input type="checkbox"/> MW Malawi |
| <input type="checkbox"/> BR Brazil | <input type="checkbox"/> MX Mexico |
| <input type="checkbox"/> BY Belarus | <input type="checkbox"/> NO Norway |
| <input type="checkbox"/> CA Canada | <input type="checkbox"/> NZ New Zealand |
| <input type="checkbox"/> CH and LI Switzerland and Liechtenstein | <input type="checkbox"/> PL Poland |
| <input checked="" type="checkbox"/> CN China | <input type="checkbox"/> PT Portugal |
| <input type="checkbox"/> CZ Czech Republic | <input type="checkbox"/> RO Romania |
| <input type="checkbox"/> DE Germany | <input type="checkbox"/> RU Russian Federation |
| <input type="checkbox"/> DK Denmark | <input type="checkbox"/> SD Sudan |
| <input type="checkbox"/> EE Estonia | <input type="checkbox"/> SE Sweden |
| <input type="checkbox"/> ES Spain | <input type="checkbox"/> SG Singapore |
| <input type="checkbox"/> FI Finland | <input type="checkbox"/> SI Slovenia |
| <input type="checkbox"/> GB United Kingdom | <input type="checkbox"/> SK Slovakia |
| <input type="checkbox"/> GE Georgia | <input type="checkbox"/> TJ Tajikistan |
| <input type="checkbox"/> HU Hungary | <input type="checkbox"/> TM Turkmenistan |
| <input type="checkbox"/> IS Iceland | <input type="checkbox"/> TR Turkey |
| <input checked="" type="checkbox"/> JP Japan | <input type="checkbox"/> TT Trinidad and Tobago |
| <input type="checkbox"/> KE Kenya | <input type="checkbox"/> UA Ukraine |
| <input type="checkbox"/> KG Kyrgyzstan | <input type="checkbox"/> UG Uganda |
| <input type="checkbox"/> KR Republic of Korea | <input checked="" type="checkbox"/> US United States of America |
| <input type="checkbox"/> KZ Kazakhstan | |
| <input type="checkbox"/> LC Saint Lucia | <input type="checkbox"/> UZ Uzbekistan |
| <input type="checkbox"/> LD Sri Lanka | <input type="checkbox"/> VN Viet Nam |
| <input type="checkbox"/> LR Liberia | |
| <input type="checkbox"/> LS Lesotho | |
| <input type="checkbox"/> LT Lithuania | |

Check-boxes reserved for designating States (for the purposes of a national patent) which have become party to the PCT after issuance of this sheet

☐

☐

☐

☐

In addition to the designations made above, the applicant also makes under Rule 4.9(b) all designations which would be permitted under the PCT except the designation(s) of

The applicant declares that those additional designations are subject to confirmation and that any designation which is not confirmed before the expiration of 15 months from the priority date is to be regarded as withdrawn by the applicant at the expiration of that time limit. (Confirmation of a designation consists of the filing of a notice specifying that designation and the payment of the designation and confirmation fees. Confirmation must reach the receiving Office within the 15-month time limit.)

Box No. VI PRIORITY CLAIMFurther priority claims are indicated in the Supplemental Box ☐

The priority of the following earlier application(s) is hereby claimed:

Country (in which, or for which, the application was filed)	Filing Date (day/month/year)	Application No.	Office of filing (only for regional or international application)
item (1) Japan	13. 01. 97	Japanese Patent Application No. 9-4162	
item (2)			
item (3)			

Mark the following check-box if the certified copy of the earlier application is to be issued by the Office which for the purposes of the present international application is the receiving Office (a fee may be required):

- ☒ The receiving Office is hereby requested to prepare and transmit to the International Bureau a certified copy of the earlier application(s) identified above as item(s): (1)

Box No. VII INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITYChoice of International Searching Authority (ISA) (If two or more International Searching Authorities are competent to carry out the international search, indicate the Authority chosen; the two-letter code may be used): **ISA/JP**

Earlier search Fill in where a search (international, international-type or other) by the International Searching Authority has already been carried out or requested and the Authority is now requested to base the international search, to the extent possible, on the results of that earlier search. Identify such search or request either by reference to the relevant application (or the translation thereof) or by reference to the search request

Country (or regional office)

Date (day/month/year):

Number:

Box No. VIII CHECK LIST

This International application contains the following number of sheets:

- | | |
|----------------|------------------|
| 1. request | 3 sheets |
| 2. description | 20 sheets |
| 3. claims | 3 sheets |
| 4. abstract | 1 sheets |
| 5. drawings | 8 sheets |
| Total | 35 sheets |

This International application is accompanied by the item(s) marked below:

- | | |
|---|--|
| 1. <input checked="" type="checkbox"/> separate signed power of attorney | 5. <input checked="" type="checkbox"/> fee calculation sheet |
| 2. <input type="checkbox"/> copy of general power of attorney | 6. <input type="checkbox"/> separate indications concerning deposited microorganisms |
| 3. <input type="checkbox"/> statement explaining lack of signature | 7. <input type="checkbox"/> nucleotide and/or amino acid sequence listing (diskette) |
| 4. <input type="checkbox"/> priority document(s) identified in Box No. VI as item(s): | 8. <input checked="" type="checkbox"/> other (specify): |

Request for sending priority documents

Figure No. 1(a) of the drawings (if any) should accompany the abstract when it is published.**Box No. IX SIGNATURE OF APPLICANT OR AGENT**

Next to each signature, indicate the name of the person signing and the capacity in which the person signs (if such capacity is not obvious from reading the request).

SUZUKI Kisaburo

KAMIYANAGI Masataka

SUZAWA Osamu

1. Date of actual receipt of the purported international application:	For receiving Office use only	2. Drawings:
3. Corrected date of actual receipt due to later but timely received papers or drawings completing the purported international application:		<input type="checkbox"/> received:
4. Date of timely receipt of the required corrections under PCT Article 11(2):		<input type="checkbox"/> not received:
5. International Searching Authority specified by the applicant: ISA /JP	6. <input type="checkbox"/> Transmittal of search copy delayed until search fee is paid	

Date of receipt of the record copy by the International Bureau:

For International Bureau use only

PCT

世界知的所有権機関
国際事務局

特許協力条約に基づいて公開された国際出願



(51) 国際特許分類 H03H 3/08, 3/10, 9/25, 9/145	A1	(11) 国際公開番号 WO95/24075 (43) 国際公開日 1995年9月8日(08.09.95)
(21) 国際出願番号 PCT/JP95/00311 (22) 国際出願日 1995年2月28日(28.02.95) (30) 優先権データ 特願平6/32427 1994年3月2日(02.03.94) JP (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) セイコーエプソン株式会社 (SEIKO EPSON CORPORATION)[JP/JP] 〒163 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号 Tokyo, (JP) (72) 発明者: および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 小木曾弘幸(OGISO, Hiroyuki)[JP/JP] 井口修一(IGUCHI, Shuichi)[JP/JP] 北村文孝(KITAMURA, Fumitaka)[JP/JP] 〒392 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内 Nagano, (JP)	(74) 代理人 弁理士 鈴木喜三郎, 外(SUZUKI, Kisaburo et al.) 〒163 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号 セイコーエプソン株式会社内 Tokyo, (JP) (81) 指定国 JP, US. 添付公開書類 国際調査報告書	

PTO 2002-4666

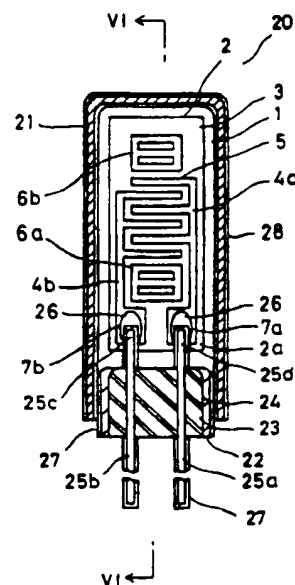
S.T.I.C. Translations Branch

(54) Title : SURFACE ACOUSTIC WAVE RESONATOR ELEMENT, SURFACE ACOUSTIC WAVE RESONATOR, SURFACE-MOUNT SURFACE ACOUSTIC WAVE RESONATOR, AND METHOD OF MANUFACTURE THEREOF

(54) 発明の名称 弾性表面波共振片、弾性表面波共振子、表面実装型弾性表面波共振子、およびそれらの製造方法

(57) Abstract

A surface acoustic wave resonator having an extremely stable resonance frequency, a low equivalent series resistance and a high Q value can be accomplished by using a cantilevered resonator element that comprises an IDT and a reflector arranged on a piezoelectric body. Further, the Q value can be improved by enclosing this SAW resonator in a vacuum housing. The electrodes constituting the IDT are anodized to form thick oxide, which prevents them from short-circuiting due to foreign particles without deteriorating the characteristics. Such a SAW device, attached to a lead frame, may be molded with resin to provide a low-cost, surface-mount SAW device of high reliability and quality.



(57) 要約

弾性表面波を用いた弾性表面波共振子において、圧電体上に I D T および反射器を配置して形成された弾性表面波共振片を片持ちマウントすることによって非常に安定した共振周波数と、低い直列等価抵抗、および高い Q 値を備えた弾性表面波共振子を実現できる。さらに、この S A W 共振片を真空状態でハウジングに収納することによって Q 値を向上できる。また、I D T を構成する電極を陽極酸化することによって厚い酸化膜を形成でき、この酸化膜によって特性を劣化させることなく電極をごみ等の異物によるショートといったトラブルから保護できる。そして、このような高性能の弾性表面波共振子をリードフレームと共に樹脂によってモールドすれば、表面実装可能な安価で信頼性が高く高品質の S A W デバイスを提供できる。

情報としての用途のみ

P C T に基づいて公開される国際出願をパンフレット第一頁に P C T 加盟国を同定するために使用されるコード

AM	アルメニア	EE	エストニア	LK	スリランカ	RU	ロシア連邦
AT	オーストリア	ES	スペイン	LR	リベリア	RSE	スウェーデン
AU	オーストラリア	FI	フィンランド	LT	リトアニア	SG	シンガポール
BB	バルバドス	FR	フランス	LU	ルクセンブルグ	SI	スロベニア
BE	ベルギー	GA	ガボン	LV	ラトヴィア	SK	スロバキア共和国
BF	ブルキナ・ファソ	GB	イギリス	MC	モナコ	SN	セネガル
BG	ブルガリア	GE	グルジア	MD	モルドバ	SZ	スワジランド
BJ	ベナン	GN	ギニア	MG	マダガスカル	TD	チャド
BR	ブラジル	GR	ギリシャ	ML	マリ	TG	トーゴ
BY	ベラルーシ	HU	ハンガリー	MN	モンゴル	TM	トルクメニスタン
CA	カナダ	IE	アイルランド	MR	モリタニア	TT	トリニダード・トバゴ
CF	中央アフリカ共和国	IS	アイスランド	MW	マラウイ	UA	ウクライナ
CG	コンゴ	IT	イタリア	MX	メキシコ	UG	ウガンダ
CH	スイス	JP	日本	NE	ニジェール	US	米国
CI	コート・ジボアール	KE	ケニア	NL	オランダ	UZ	ウズベキスタン共和国
CM	カメルーン	KG	キルギスタン	NO	ノルウェー	VN	ベトナム
CN	中国	KP	朝鮮民主主義人民共和国	NZ	ニュージーランド		
CZ	チェコ共和国	KR	大韓民国	PL	ポーランド		
DE	ドイツ	KZ	カザフスタン	PT	ポルトガル		
DK	デンマーク	LI	リヒテンシュタイン	RO	ルーマニア		

明 細 書

発明の名称 弾性表面波共振片、弾性表面波共振子、
表面実装型弾性表面波共振子、および
それらの製造方法

技術分野

安定度の高い高周波用の発振回路および装置を構成するのに適した弾性表面波共振子に関するものである。

背景技術

IC等の微細加工技術を利用して、圧電体表面上へ微細電極の形成が可能となり、弾性表面波(SAW)を電氣的に駆動あるいは検出できるようになった。これを利用して、およそ100MHzからギガH
15 z帯の高周波を安定して得られるようになった。この弾性表面波を用いたSAWデバイスは、高周波用のフィルター(SAWフィルタ)あるいは発振回路を構成するための弾性表面波共振子(SAW共振子)などとして用いられている。

図27に、従来のSAWデバイスの概要を示してある。このデバイス90では、SAW共振片92がこれを支持するための金属部91に
20 接着剤93で固着されており、ケース96内に窒素雰囲気中で抵抗溶接などによって封止されている。SAW共振片92と電氣的な接続を得るためのリード94が金属部91の中の絶縁部すなわち封止ガラス97を貫通しており、これらのリード94はSAWデバイス上の電極
25 とボンディングワイヤー95によって電氣的に接続されている。

図28に示した従来のSAWデバイス90は、セラミックなどのベ

ース101を備えており、このベース101に弾性表面波共振片92が接着剤93によって取り付けられた、いわゆる全面接着型のSAWデバイスである。ベース101には、SAW共振片92と電気的な接続を構成するために、電極がメタライズされており、ベース101上の電極とSAW共振片92の上の電極は上記と同様にボンディングワイヤ95によって電氣的に接続されている。また、ベース101の上方には、キャップ102が窒素雰囲気中で接着剤などによって取り付けられている。キャップ102は、ろう付け、溶接などによって取り付けられているものもある。

図29に、これらのSAWデバイスに収納されるSAW共振片110の概略を示してある。SAW共振片110は、水晶片などの圧電体111を用いて形成される。この圧電体111は、平坦な圧電体基板を所定の大きさ、および寸法にカットしたものであり、後述するような反射器を設けるエリアを確保でき、量産性が高く、さらに、加工の容易な長方形にカットされたものが多い。圧電体111の一方の面（主面）の略中央には、交差指電極（IDT）112がアルミニウム系素材などの薄膜電極を用いて構成されている。さらに、このIDT112の長手方向の両側、すなわち、圧電体111の長い方の辺に沿った両側の各々に、反射器113が電極と同じくアルミニウム系素材などの薄膜を用いて構成されている。圧電体111の長手方向の縁に沿って、IDT112と繋がった導通用の接続ランド114がIDT112と同じ素材を用いて形成されており、この接続ランド114にワイヤーボンディングすることによって電氣的な接続が得られるようになっている。

SAWデバイスを用いて高周波領域の高安定発振器を構成するためには、Q値（共振せん鋭度）が高く、共振周波数の安定した低等価直

列抵抗のSAWデバイスが必要となる。上記のような従来のSAWデバイスでは、SAW共振片が接着剤によって支持基板に密着されている。このため、SAW共振片とこれを支持する部分との熱膨張率の違いや、接着剤の収縮や支持する部分の変形などによって、SAW共振片に歪みが発生し、これらが共振周波数を不安定にしたり等価直列共振抵抗を高める要因となっていた。このようなSAWデバイスの多くは、従来SAWフィルタとして用いられていたため、それほど高いQ値は必要とされなかった。しかしながら、発振器を構成するSAW共振片においては、フィルタよりさらに安定した共振周波数を得ることが重要であり、等価直列共振抵抗が低く、Q値の高いSAW共振子を用いることが高安定の発振器を実現するために重要である。

また、信頼性の高い発振器を得るためには、これを構成するデバイスにも高い信頼性が要求される。SAWデバイスの場合、IDTの形成された表面にごみなどの異物が付着すると周波数が変動したり、安定した共振特性が得られなくなるなどのトラブルが発生する。また、IDTとリードとが接続不良になれば、安定した発振特性が得られないことはもちろん、その接続不良に起因する接続抵抗の増加は周波数の変動や、Q値の低下などの影響をもたらす。従って、SAW共振片の表面への歪みの影響を避けながら、異物などの影響を排除したり、接続状態の悪化を防止し信頼性の高いデバイスを提供することも重要である。

発明の開示

本発明においては、SAW共振片に対する支持部材あるいは接着剤による影響を抑止するため、SAW共振片の端部のみを支持するようにしている。すなわち、ほぼ矩形にカットされ表面の略中央に交差指

電極が形成されたSAW共振片の長手方向の一方の端部のみを支持体に接続し、支持体に影響される部分を少なくし、さらに、ケースなどのハウジングからSAW共振片を浮かすようにしている。これによって、SAW共振片には外部から応力がかからず、歪みによる影響を受けないで非常に安定した共振周波数を有した、エージング特性の良いSAW共振子が得られる。すなわち、反射体より端側をマウントする（以下において片持ちマウントと言う）ことによって、SAW共振片への歪の影響を少なくできることが見いだされた。

そして、SAW共振片を片持ちマウントし、SAW共振子とするためのハウジングの構造としては、金属性の筒型、丸缶型、箱型のケースを支持体によって封止したものがある。なお、筒型とはその断面形状が円形または楕円形を含むものである。そして、筒型ケースを用いる場合には、SAW共振片はケースをかぶせる方向に概ね平行にマウントされ、丸缶型または箱型の場合には、ケースをかぶせる方向に概ね直角にマウントされる。このようなハウジング内に封止されたSAW共振片との電氣的な導通は、支持体の複数のリードによって確保できる。箱型のセラミックケースを用いて封止してもよく、この場合は、導出パターンを用いて電氣的な接続を確保しても良い。

また、SAW共振子は、圧電体のSAWを用いたデバイスであるが、ハウジング内の雰囲気によってQ値が変化することが本願によって見いだされ、ハウジング内の雰囲気をほぼ真空状態とすることによってQ値の高いSAW共振子が得られることが判った。

また、ハウジング内にSAW共振片を封止する際に、ハウジングの中心軸とSAW共振片の表面が交差するような状態で傾斜してマウントすればハウジング内のスペースを有効活用でき、ハウジングとSAW共振片との接触などのトラブルを防止できる。このために、リード

がSAW共振片と接する部分をハウジングの中心軸に対して傾斜させておくこともできる。

SAW共振片を片持ちマウントするには、非導電性の接着剤を介して圧電体を支持しても良く、あるいは、リードを用いてSAW共振片に設けられた接続ランドと接続し導通を取りながら支持しても良い。あるいは、これら両者の方法を同時に用いても良く、いずれの方法を主、他の方法を従として強度を確保しても良い。

リードを接続ランドに接続する際に、リードに平板状の接続端を設けて導通面積を確保したり、その接続端の先端を少なくとも2本に分岐させることも有効である。接続ランドにはアルミニウム系の電極が使用されることが多いので通常の方法での半田接続は難しい。電極の表面には極薄い酸化膜が自然に形成されるので、一般的な導電性接着剤を用いるだけでは安定的な電氣的導通を確保することは難しい。このため、酸化防止材を混入した導電性接着剤が有効である。さらに、電極の酸化膜の影響を防止するには、接続ランド上に導電性接着剤の塗布後に少なくとも1本の傷を形成したり、接続ランドにバンプを形成することが有効である。

また、SAWデバイスでは、ハウジング内でのごみなどの異物によるトラブルが発生しやすい。交差指電極を構成する一対の電極のうち、少なくともいずれかを陽極酸化処理して少なくとも280 Åの酸化膜を形成することにより、このようなトラブルを防止できる。また、交差指電極を構成する一対の電極のうち、一方のみを陽極酸化処理すれば、ウェハの状態で共振周波数の測定が可能であり、陽極酸化処理によるSAW共振片の共振周波数の調整も図れる。

さらに、SAW共振子と、これらのリードと電氣的に接続されたりリードフレームとを樹脂により一体成形することによっても表面実装に

適した表面実装型のデバイスを提供できる。また、ハウジングが金属性の場合、このハウジングと電氣的に接続されたリードフレームもモールドしておけば、ハウジングを接地することによってノイズに強い表面実装型のSAWデバイスを実現できる。

5

図面の簡単な説明

図1は、本発明に係るSAW共振片の構成を示す斜視図である。

図2は、片持ちマウントした場合と、全面接着マウントした場合のSAW共振子の特性を比較したグラフである。

10 図3は、片持ちマウントした場合のエージング特性を示すグラフである。

図4は、全面接着マウントした場合のエージング特性を示すグラフである。

15 図5は、SAW共振片を筒型のケース内に片持ちマウントしたSAW共振子の構成を示す断面図である。

図6は、図5と直角な方向からSAW共振子の構造を示す断面図である。

図7は、図5と異なるマウント方法を採用したSAW共振子のマウントした部分を示す断面図である。

20 図8は、箱型のケースにSAW共振片を片持ちマウントしたSAW共振子を示す展開斜視図である。

図9(a)は、図8に示したSAW共振子の断面であり、図9(b)は、リードとの接続部分を拡大して示す図である。

25 図10(a)は、セラミックケースにSAW共振片を片持ち収納する様子を示し、図10(b)はセラミックケースを用いたSAW共振子の構造を示す断面図である。

図 1 1 は、異なった片持ちマウント方法を採用した S A W 共振子の構造を示す断面図である。

図 1 2 は、ハウジング内の雰囲気と、それによる等価直列抵抗の値を比較したグラフである。

5 図 1 3 は、ハウジング内が大気状態と真空状態のときの Q 値と共振周波数との関係を表したグラフである。

図 1 4 は、接続ランドとリードとの接続部分を拡大して示す断面図である。

10 図 1 5 は、接続ランドにバンプを形成してリードを接続した状態を示す断面図である。

図 1 6 は、先端が二股に分かれたリードを接続ランドに接続した状態を示す平面図である。

図 1 7 は、接続ランドにスタッドバンプを形成してリードを接続した状態を示す断面図である。

15 図 1 8 は、接続ランドに傷をつけてリードを接続した状態を示す平面図である。

図 1 9 は、図 1 8 の接続ランドにリードを接続した状態を示す断面図である。

20 図 2 0 は、陽極酸化用にウェハ上に形成された、片側の電極のみを酸化するパターンを示す図である。

図 2 1 は、陽極酸化用の器具の構成を示す図である。

図 2 2 は、両側の電極を酸化するパターンを示す図である。

図 2 3 は、陽極酸化電圧に対する酸化膜厚の変化を示すグラフである。

25 図 2 4 は、陽極酸化電圧によって共振周波数が変化する様子を示すグラフである。

図 25 は、図 5 に示した SAW 共振子をモールドして表面実装型としたデバイスを示す透視図である。

図 26 は、SAW 共振子を接地できるタイプの表面実装型デバイスを示す図である。

図 27 は、従来の SAW 共振子の構造を示す断面図である。

図 28 は、図 27 と異なる従来の SAW 共振子の構造を示す図である。

図 29 は、従来用いられている SAW 共振片の構造を示す平面図である。

発明を実施するための最良の形態

図 1 に、本発明の SAW 共振片の一例を示してある。この SAW 共振片 1 は、水晶、リチウムタンタレート、リチウムニオブベートなどの圧電体を矩形にカットしたものを基体（チップ）2 として構成されている。本例の圧電体チップ 2 は、平らな長方形にカットされており、その表面（主面）3 の中央に 1 組の電極 4 a および 4 b によって IDT 5 が構成されている。また、この IDT 5 の長手方向の両側に格子状の反射器 6 a および 6 b が形成されている。IDT 5 を形成する 1 組の電極 4 a および 4 b は、一方の反射器 6 a の外側、すなわち、チップ 2 の縁側を通して、チップ 2 の端部 2 a に導かれ、若干面積の広くなった接続ランド 7 a および 7 b が形成されている。電極 4、反射器 6 および接続ランド 7 は、導電性の素材、例えば、金、アルミニウム、アルミニウム銅合金などが通常用いられ、加工およびコストの点からアルミニウム系の素材が最も多く用いられている。

SAW 共振片のマウント方法について

図2に、水晶のSTカットを用いたレーリー波の145MHzのSAW共振片1（長さ6.5mm、幅1.6mmおよび厚さ0.4mm）を、チップ2の端部2a側を支持した際の共振周波数（ F_r ）の変化と、チップ2の変形量を示してある。また、合わせて、先に説明した従来の接着剤を用いてチップ2の主面3と反対側の裏面9全体を支持した際の共振周波数（ F_r ）の変化と、チップ2の変形量を示してある。チップ2の変形量は、図2（b）に示すように、チップ2の歪みや反りを反映できるように、主面3の最大の変化量を示してある。

図2にて判るように、チップ2の端部2a側のみを支持した、いわゆる片持ちマウントの場合は、周波数の変化は殆どなく、また、チップの変形量も非常に小さい。これに対し、チップの裏面9を接着した、いわゆる全面接着マウントの場合は、周波数の変化は100ppm以上であり、また、チップの変形量も500nm以上と、ともに大きい。SAWデバイスは、主面の弾性表面波によって共振周波数を得ているため、裏面を強固に接続し、主面には影響がでないであろう方法で支持していた。しかし、これらのデータより、マウントの方法によってチップの状態および共振周波数が大きく影響されることが判った。そして、従来のチップを安定して固定し、安定した周波数を得られるものと期待されていた全面接着マウントでは、チップの変形量が大きく、共振周波数の変化も大きいことが判明した。これに対し、チップを片持ちマウントした場合の周波数の変化およびチップの変形量は非常に小さい。従って、安定した高い性能を得るためにはSAW共振片を片持ちマウントした方が良いことが判る。

図3および図4に、上記と同じSAW共振片を片持ちマウントした場合と、全面接着マウントした場合とのエージング特性を示してある

。これらの図には、SAW共振片をそれぞれの方法でマウントした後、 85°C で放置し、所定の時間経過したのちの共振周波数の変化 ΔF_r と等価直列抵抗の変化 ΔR_r を測定した結果を示してある。片持ちマウントされたSAW共振片では、1000時間経過した後の共振周波数の変化 ΔF_r がほぼ10ppm以下に収まる。これに対し、全面接着マウントされたSAW共振片では、30ppm程度変化する傾向が見られる。さらに、等価直列抵抗の変化 ΔR_r も、片持ちマウントされたものではほぼ0 Ω の近傍に測定値が集まるのに対し、全面接着マウントされたものでは等価直列抵抗 R_r の値が1~3 Ω 程度増加する傾向が見られる。このようなエージングの傾向は全面接着マウントした際の接着剤の硬化や、マウントされた部材との熱膨張率の違いなどに起因するもので、片持ちマウントすることによってこれらの影響を排除できることが判る。

このように、片持ちマウントされたSAW共振片はエージング特性も良好であり、従来の全面接着マウントされたものより優れている。すなわち、SAW共振片を片持ちマウントすることによって、長時間にわたって安定した特性を保つ共振子が得られ、等価直列抵抗 R_r の増加も小さいことから高安定発振器に適したQ値の大きなSAW共振子が得られる。

SAW共振片1を片持ちマウントする方法には以下に述べるような幾つかのものがある。図5に、リードを用いてSAW共振片1を片持ちマウントしたSAW共振子の概略構造を示してある。このSAW共振子20では、筒形で一方が開口となった金属製のケース21の中にSAW共振片1が収納されており、金属製のケース21の開口には、いわゆるハーメチック端子22が嵌め込まれて、これによってケース21に密封されている。このハーメチック端子22は、ガラス部23

の外周に金属環 2 4 が設けられたものであり、ガラス部 2 3 を 2 本の
リード 2 5 が貫通している。そして、これらのリード 2 5 のケース 2
1 内の端 2 5 c, 2 5 d が S A W 共振片 1 の接続ランド 7 a, 7 b に
それぞれ接続されており、これらのリード 2 5 を介してハーメチック
5 端子 2 2 (以降リードも含めてプラグ体と呼ぶ) により S A W 共振片
1 はケース 2 1 内に片持ちマウントされている。

リード 2 5 c, 2 5 d は、接続ランド 7 a, 7 b に固着剤 2 6 によ
って固着されており、この固着剤 2 6 は電気的な導通を得るために半
田や導電性接着剤が用いられる。リード 2 5 c, 2 5 d と接続ランド
10 7 a, 7 b とを低抵抗の状態で接続することが重要であり、これにつ
いてはさらに詳しく後述する。また、ケース 2 1 およびプラグ体の金
属環 2 4 には、ケース内の気密性を保持できるようにプラグメッキ 2
7 およびケースメッキ 2 8 が施されており、これらのメッキがシール
材として機能を果たす。これについてもさらに詳しく後述する。

15 図 6 に、上記の S A W 共振子 2 0 を S A W 共振片 1 の側方から見た
状態を示してある。S A W 共振片 1 はケース 2 1 の中心軸 2 9 に対し
主面 3 が傾くようにリード 2 5 と接続されて、中心軸 2 9 と S A W 共
振片 1 とが交差するようになっている。S A W 共振片 1 をこのように
マウントすると、リード 2 5 をプラグ体の中心に設けても S A W 共振
20 片 1 はケース 2 1 の略中央にマウントできるので、S A W 共振片 1 と
ケース 2 1 の内面 2 1 a との間に十分な隙間を確保できる。このよう
な隙間を設けることによって、ケース 2 1 内に S A W 共振片 1 を組み
入れる際にケース 2 1 と S A W 共振片 1 が接触することはなく、発振
を不安定にする要因を排除できる。また、ケース 2 1 内に共振片が触
25 れてゴミが発生するといったトラブルも防止できる。

S A W 共振片 1 を傾ける角度は、S A W 共振片 1 が中心軸 2 9 と平

行な位置から、接続ランドを設けてないチップ2の他方の端面8dが中心軸29と交差する程度の範囲までとすることが望ましい。リード25の端25cは接着剤26によって繋がっており、接続ランド7とは直接接触しなくとも良いので、マウント角度を設けることは容易である。もちろん、リード25の端25cを所定の角度で傾けても良く、あるいは、リード25の端25cを所定の角度で切断または潰し、この切断面または潰し面を用いて接続ランド7と連結しても良い。

図7に、非導電性の接着剤30を用いてSAW共振片1をプラグ体に片持ちマウントした例を部分的に示してある。図示した例では、リード25c、25dを導電性接着剤26を用いて接続ランド7a、7bと接続してあるので、非導電性の接着剤30は片持ちマウントを補強するために用いられている。SAWの振動はチップ2の表面に発生するが、SAW共振片1の特性を確保できるだけのチップの厚みが必要となる。この厚みはSAW波長の10倍程度で十分であるが、共振周波数が低い場合はチップが厚くなるのでSAW共振片の重量が増す。このような場合は、導電性接着剤26および非導電性の接着剤30の両方を用いて衝撃や振動に十分に耐えられる強度でSAW共振片1を片持ちマウントすることが望ましい。非導電性の接着剤30がSAW共振片1を覆う面積は少ないほうが望ましく、SAW共振片の特性を考慮すると接続ランド7を覆う程度、すなわち、チップの片持ち側の端2a側の反射器6aに到達しない程度に収めておくことが望ましい。

図8および図9に、ほぼ楕円形の平箱状のケース21にSAW共振片1を片持ちマウントした状態を示してある。図9に示すように、ほぼ楕円形をした平らなベース31の一方の端側に2本のリード25が絶縁体31aの中を貫通しており、リード25の先端にベース31に

沿って延びた平らな接続端 25 c が形成されている。この接続端 25 c の上に SAW 共振片 1 の接続ランド 7 を載せ、リード 25 と接続ランド 7 とを導電性の接着剤 26 により固定する。さらに、SAW 共振片 1 の端部 2 a を非導電性の接着剤 30 により固定する。このような固定方法により、SAW 共振片 1 を薄いケース 21 内に片持ちマウントできる。ケース 21 は丸缶型や、角型の箱状ケースであってももちろん良い。

また、SAW 共振片 1 は、IDT の形成された主面 3 が本図と反対にベース 31 の側を向いて取り付けられていても良い。この場合には、主面 3 とベース 31 との間が狭いので、異物が入りにくく信頼性の点で好ましい。片持ちマウントを採用することにより必要に応じて主面をどちらに向けてもよい。接続ランド 7 の位置は、IDT の構成された主面 3 でなくても良く、図 1 に示した裏面 9 や側面 8 a および 8 c、あるいは端面 8 b に形成されていても良い。接続ランド 7 を裏面 9 あるいは側面 8 a および 8 c に設ける場合も、SAW 共振片の特性が悪化しないように接続ランド 7 の位置をチップの固定端 2 a 側とすることが望ましい。接続ランド 7 は、固定端 2 a 側の反射器 6 a 近傍、あるいは反射器 6 a よりチップ 2 の固定端 2 a 側に配置し、特に、主面 3 に設けた場合と同様に反射器 6 a より固定端 2 a 側に接続ランド 7 を設けておくことが望ましい。主面以外に接続ランドを設ける場合は、斜め蒸着等の技術を駆使して導通パターンを作成する必要がある。導通不良が発生しないように十分注意する必要がある。導通不良を防止するためには、導通パターンの固着面積を十分に確保することが重要であり、この点では、接続ランドを主面に設けておくことが望ましい。

図 10 にセラミックケース 32 内に SAW 共振片 1 を片持ちマウン

トしたSAW共振子20の例を示してある。セラミックケース32は四方が壁面となった箱型をしており、これらの壁面のうち少なくとも1つに段差32aが設けられている。この段差32aの表面にセラミックケース32の外部と導通したパターン33が予め形成されており、この導通パターン33とSAW共振片1の接続ランド7との位置を台わせることによりSAW共振片1を片持ちマウントできるようになっている。SAW共振片1をマウントする際は、接続ランド7と導通パターン33を導電性の接着剤26で接続し、チップの固定端2aを段差32aに非導電性の接着剤30により固定する。SAW共振片1をマウントした後、蓋34をセラミックケース32に被せ、シーム溶接によりケースを密閉する。

図11に、セラミックケース32にSAW共振片1を片持ちマウントした異なった例を示してある。本例では、SAW共振片1の固定端2aをセラミックケース32の底面32bから、非導電性の接着剤あるいはセラミックなどのスペーサー35を介して浮かして固定してある。そして、ボンディングワイヤー36によってSAW共振片1と導通パターン33を電氣的に接続してある。

SAW共振片1をマウントする際に用いられる固定用の非導電性の接着剤としては、SAW共振子の動作温度範囲では十分に強度を保持できる程度の耐熱性を有し、さらに、SAW共振片を収納したケース内の雰囲気に影響を与えるようなガスを発生しない加熱硬化性の樹脂が適当である。さらに、硬化中にSAW共振片に広がったり、プラグ体の外周面に広がらないように、たれないものが望ましい。さらに、硬化中にSAW共振片のチップにストレスが蓄積されないように低応力のもので、低い温度で硬化するものが望ましい。このような条件にあった非導電性の接着剤として、本例においては紫外線照射と加熱に

より硬化するエポキシ系の接着剤を用いている。

S A W共振片は片持ちマウントされることによって、固定端以外は空間に浮いた状態となり、従来の全面接着マウントされた場合と比較し他の部材、例えば、ベースなどから圧力や歪みなどの力学的影響や熱的影響を受けない。固定端はリードや接着剤などによって歪みなどの影響を受けるが、歪みを受ける部分を振動エネルギーを閉じ込めるI D Tを挟んだ2つの反射器の外側とすることによって、実際に振動する部分への影響を排除することができる。従って、上記のような片持ちのマウント方法によって加工歪みの影響のないS A W共振子がえられ、環境の変化等の影響を受けない高品質のS A Wデバイスを提供
10 できる。

共振片を収納したハウジング内の雰囲気

環境の影響を受けずにS A Wデバイスを実装するために、S A W共振片は筒型のケースや、箱状などの平らなケース、あるいはセラミックケースなどの中空のハウジング内に収納される。そこで、図12および図13に、ハウジング内の雰囲気による共振子への影響を示してある。

図12は、図7で説明した筒型で一方が開口となった金属性ケースにS Tカットのレーリー波145 MHzのS A W共振片を 1×10^{-5} torr以下の真空状態で封止したS A W共振子と、大気圧で封止した共振子の等価直列抵抗 R_r の値を示してある。本図にて判るように大気中で封止したS A W共振子と比較し、真空中で封止することにより等価直列抵抗 R_r は3~5 Ω 程度減少する。これによって、S A Wデバイスは圧電体の弾性表面波を用いたデバイスであるが、デバイスを取り
20 囲む雰囲気の影響を受けることが判り、S A W共振片を囲む雰囲気

を真空雰囲気とすることによって低損失の共振子を実現できることが判る。また、等価直列抵抗 R_r の値を減少できれば、大きな Q 値を備えた SAW 共振子を提供できる。

図 13 は、100～300 MHz の共振周波数を持った ST カットのレーリー波 SAW 共振片を大気中と真空中で封止した SAW 共振子の Q 値を示してある。 Q 値は、周波数が高くなるに連れて減少してしまう。従って、高周波帯で Q 値の大きな SAW 共振子を得ることが高安定の高周波の発振器を実現するために必要であることは上述した通りである。本図にて判るように、真空中で封入することにより、大気中で封入したものと比較し、概ね 200 MHz において 60% 程度高い Q 値を持った共振子を提供できる。

ハウジング内を真空で封止するには、図 5 に示したような筒型のケースが好適である。図 5 に示した形状は、気密封止するための圧入型の筒型形状と呼ばれるものであり、ケース 21 は洋白等の素材で形成されており、プラグ体を圧入するとケース 21 に発生する締めつけ力で気密保持できるようになっている。さらに、ケース 21 とプラグ体との間には、展延性のある軟金属として半田や金等、本例では安価で量産性に優れた半田を用いたケースメッキおよびプラグメッキが施されているので、これらがシール材として作用し、ケースとプラグ体との間の隙間が埋まる。これらは一般にバレル法やディッピング法などのメッキ加工技術を用いてメッキされており、ケースにおいてはケースの少なくともプラグ体が接触する内面の部分に、また、プラグ体においては金属環およびリードにメッキされている。シール性の高い展延性のあるメッキはプラグ体あるいはケースのいずれかに施されていれば良く、他方のメッキはニッケル等のメッキであっても良い。

このような圧入型のケースを採用すると、このケースを SAW 共振

片の固着されたプラグ体を被せて密封するだけで、ケース内を封止作業の雰囲気と同じ環境にできる。従って、真空雰囲気加工すればケース内を真空にでき、また、窒素雰囲気加工すればケース内を窒素雰囲気にできる。従って、ケース内を真空としたQ値の高いSAW共振子を真空中で治具によって位置合わせてして圧入するだけで製造でき、大量に、また安価に提供できる。

さらに、SAW共振片を封止したハウジング内を真空にすることにより電極の酸化を防止でき、また、ミクロンオーダーで形成されたIDTが結露によってショートするのも防止でき、エージング性を向上できる。電極の酸化を防止したり、結露によるショートを防止する効果は、ハウジング内を不活性気体、例えば窒素などで封止しても得られる。ハウジング内に不活性気体を封止して、内部圧力を高めておくと、接着剤などから有害なガスが発生するのを抑止する効果も得られる。

接続ランドとリードなどとの導通

上述した本例のSAW共振片は、アルミニウムあるいはアルミニウム系素材を用いて電極が構成されている。このようなアルミニウム系の電極を用いた場合、表面が自然酸化して酸化膜が形成されてしまい半田付けができない。アルミ用フラックスを用いて半田付けを行ってもよいが、その後に品質保持のため洗浄などの工程が必要となり、量産性が落ち、製造コストも上昇してしまう。そこで、図14に示すように接続ランド7は、リード25あるいは導出パターンなどと導電性接着剤26を用いて接続してある。この導電性接着剤26には、電極の酸化を防止するために酸化防止材を混入しておくことが望ましい。また、良好な電氣的導通を得るために、フィラー（導電性接着剤の中

で導電性を得るための材料)として銀または銅を用いることが望ましい。

このような導電性の接着剤を用いることにより、低コストで抵抗の小さなSAW共振子が得られる。しかし、アルミニウム電極の表面には酸化膜37が未処理のまま残っているので、直流導通はとれない。従って、等価直列抵抗 R_r を削減し、Q値のさらに大きなSAW共振子を得るためには酸化膜37を処理する必要がある。

図15に、接続ランド7にバンパ40を設けた例を示してある。アルミニウムあるいはアルミニウム銅合金製の接続ランド7に、酸化しにくく導電性の高い金属、例えば、金、銀、半田等を蒸着、スパッタ、あるいはイオンプレーティング等の加工技術を用いて積層し、バンパ40を形成する。このようなバンパ40は酸化膜などの影響を受けない。従って、このバンパ40を含んで接続ランド7の上に、リード25などを導電性の接着剤26で取り付ければ、直流導通も取れ、等価直列抵抗 R_r が低く、Q値の高いSAW共振子が得られる。導電性の接着剤で固着する替わりに、リード25を覆った半田メッキを溶融させれば、フラックスを用いなくともバンパ40と接続できる。この場合は、SAW共振片1を片持ちマウントするために必要な強度を得るために非導電性の接着剤によって補強しておくことが望ましい。

図16に、接続ランド7にリード25を接続した様子を主面3の上方から見た様子を示してある。本例のリード25の接続端25cは平坦に潰され、二股に分かれており、この二股に分かれた部分がバンパ40の両側に延びるように導電性の接着剤26によって取り付けられている。リードの接続端25cを潰すことによって導電性の接着剤26と接触する面積が増加するので、接触抵抗を小さくでき、それと同時に大きな付着力が得られる。さらに、接続端25cを二股、あるい

はそれ以上に分岐させることによって、接続ランド7に形成されたバンプ40と組み合わせて配置することが簡単にできる。従って、接続ランド7の面積を有効に活用でき、バンプ40ともより良好な導通が得られる。また、このような分岐を設けることにより接着剤26によってリード25が強固に固定されるので、リード25を用いてSAW共振片1を片持ちマウントするのに好適である。

図17に、ワイヤーボンディングによって接続ランド7にスタッドバンプ41を設けた例を示してある。スタッドバンプ41は、超音波振動により酸化膜37を削除して、金、銅などの金属をワイヤーボンディングすることによって形成でき、酸化膜37が比較的厚い場合であっても安価に簡単な加工で設けることができる。蒸着などによってバンプを付ける場合は、酸化膜が厚くなると高いエネルギーが必要となり、コストがかかるので、本例のようなスタッドバンプの方が量産性に優れ廉価に製造できる。スタッドバンプは、接続ランド7の上にワイヤーを張った状態であっても同様の効果が得られることはもちろんである。このように接続ランド7にバンプを設けることにより、リードとの接触抵抗を大幅に低減できる。発明者が実験を繰り返した結果によると、バンプを接続ランドに設けていないSAW共振子（筒型で共振周波数が14.5MHzのSAW共振子）の等価直列抵抗 R_r が20～40 Ω 程度と広く分布しているのに対し、バンプを設けることによって等価直列抵抗 R_r が10～20 Ω 程度まで減少することが確認できている。また、バンプを設けることによって等価直列抵抗 R_r のばらつきは狭い範囲に収まり、性能の安定したSAW共振子を得ることができる。

図18に、接続ランド7との導通を取るための異なった手段を示してある。本例では、接続ランド7にリード25を載せ、導電性の接着

剤 2 6 を塗布した後、この接着剤 2 6 が硬化するまえに接着剤 2 6 で覆われた接続ランド 7 の表面を先端の尖った治具などを用いて傷つけてある。傷 4 2 は 1 筋、あるいは 2 筋以上でも良く、リード 2 5 と平行に設けても、垂直に設けても良い。このような傷 4 2 を設けること
5 によって酸化膜 3 7 を削除した部分を形成でき、接続ランド 7 のアルミニウム金属が露出するので、導電性の接着剤 2 6 を介して接続ランド 7 とリード 2 5 との間に直流導通が得られる。ただし、接着剤 2 6 の範囲の外に達する傷を設けると、外に出た部分から酸化し、酸化膜が再合成されてしまうので注意が必要である。また、傷 4 2 によって
10 接続ランドを分離してしまうと電極の導通が取りづらくなり、また接着剤からはみ出した傷が酸化膜を再形成する原因となるのでこの点でも注意が必要である。

このような傷 4 2 は、リード 2 5 を接続ランド 7 に押しつけて超音波振動などの機械的な振動を与えても設けることができ、あるいは、
15 接着剤 2 6 をディスペンサなどで塗布するのであればその塗布時にディスペンサのノズル先端で傷を付けても良い。あるいは、リード以外の金属を振動させたり、あるいは擦って傷を設けても良い。また、傷を付けると汚れなどによる接続ランドの導通損失を軽減できる。ただし、接着剤 2 6 の硬化前にこれらの処理を行うことが必要である。

20 接続ランドに上記のような傷を設けることによって、バンプを設けた場合と同様に等価直列抵抗 R_r の値が改善されることが発明者の実験により確認されている。特に、傷は点で設けるよりも筋で設けることが望ましく、さらに、傷を 3 筋以上あるいはランダムに設けることによってバンプと同様、あるいはそれ以上の効果が得られることが
25 確認されている。等価直列抵抗 R_r の他に、発明者によって直流抵抗値の変動も測定されている。この測定結果によると、酸化膜の処理を

行っていないものについては、直流抵抗が $5\ \Omega$ ～無限大といった広い範囲を示すのに対し、傷を設けたり、バンプを設けた場合は $1\sim 2\ \Omega$ 程度の値に精度良く収束する。このように、傷、あるいはバンプを設けることによって酸化膜の影響を排除でき、低接続抵抗（直流抵抗）でQ値の高いSAW共振子を実現できる。

このような効果を得るためには、酸化膜の除去された状態の傷が接続ランドに必要となる。このため、導電性の接着剤を塗布した後に接続ランドに傷を設けるようにしており、逆に、傷の付けられた接続ランドとリードが低接続抵抗の状態で接続されている場合は、それらの傷は導電性の接着剤の塗布された後に形成されたものであるといえる。傷が形成された後、この傷の内面が再酸化してしまうと良好な導通状態は得られない。そこで、導電性の接着剤として酸化防止材を配合したものが適当である。酸化防止材としては、ハイドロキノン、カテコール、フェノールなどの還元性のものが用いられる。さらに、銀粒子の他に、ニッケルなどの異種金属を混入し接触抵抗の安定化を図り、同時に酸化膜の形成防止効果を得ることも可能である。

酸化防止材の効果についても、発明者の実験によって確認されており、酸化防止材が未混入の接着剤を用いたSAW共振子では、接着剤が硬化したのち $230\ ^\circ\text{C}$ で10時間アニールすると共振周波数が $100\ \text{ppm}$ 以上変化し、等価直列抵抗 R_r の値もアニール以前が $20\ \Omega$ 以下なのに対し $30\sim 40\ \Omega$ まで上昇してしまうといった結果が得られている。これに対し、酸化防止材を混入した接着剤を用いると、共振周波数の変化は $20\ \text{ppm}$ 程度に収まり、等価直列抵抗 R_r の値も $20\ \Omega$ 以下と良好な値を保持できる。

25

電極の保護

本発明においてはSAW共振片を片持ちマウントして、筒型のケースやセラミックケースなどのハウジングから浮かして支持している。そして、SAW共振片の周囲に空間を設け、SAW共振片が周囲の環境から影響を受けづらいようにしてある。このようなSAW共振子では、SAW共振片の周囲に形成された空間がSAW共振片を封入する際に混入する可能性のあるSUSあるいは半田くずといった異物の移動可能なスペースとなってしまう。そして、このような異物がSAW共振片の電極、例えば、IDTやIDTと接続ランドを結ぶ電極に食い込むことがあり得る。特に、IDTはミクロンオーダーで配置されているため、電極間に上記のような導電性の異物が存在するとショートの原因となり、SAW共振子の安定した動作の妨害となる。また、ミクロンオーダーの小さなこのような異物の混入を完全に防ぐのは困難である。さらに、SAW共振子は様々な用途に用いられ、実装中や運搬中の衝撃、あるいは実装された角度などによってこのような異物が移動してしまうので、SAW共振子を組み立てたり、実装する段階で上記のようなトラブルを完全に防止することは難しい。

異物によるトラブルを防止するために、例えば、IDTなどを酸化けい素などによってコーティングすることも可能である。しかし、チップ上に異なった物質の層ができるので共振周波数の変動やQ値の低下に繋がり、片持ちマウントした効果が削減されてしまう。そこで、発明者は、アルミニウム系の電極の表面に形成される酸化膜の効果に着目した。アルミニウム系の電極の表面に酸化膜が自然に形成されてしまうことは上述した通りであり、これらによってショートを防止することができる。しかし、自然に形成される酸化膜は厚みが10～30Åと薄いため強度が不足し、落下等の衝撃によって移動する異物から電極を完全に保護することは困難である。

そこで、本発明においては、SAW共振片のアルミニウム系電極を陽極酸化することによって、膜厚が280 Å前後、あるいはこれより厚い酸化膜を電極の表面に形成し、異物によるトラブルを防止するようにしている。

5 図20に示すような圧電体のウェハ50に複数のSAWパターン51が形成された状態のものを用いて陽極酸化を行う。本例では、IDT5を構成する一対の電極4aおよび4bのうち、一方の電極のみに陽極酸化を施すようにしている。このため、ウェハ50には、SAW
10 パターンに加え、これらのSAWパターン51の一方の電極4aを繋ぐ接続線52と、陽極酸化用の電源と接続するターミナル53を設けてある。

図21に、陽極酸化を行う装置の概要を示してある。槽55の中には、陽極酸化液59が入っており、クリップ56でウェハ50のターミナル53を保持してウェハ50を酸化液59に浸す。そして、電源
15 57からウェハ50側を陽極として電流を流す。電源57には酸化液59に浸った陰極58も接続されている。本例では、陽極酸化によって無孔性の酸化膜を形成するようにしており、そのため、酸化液59としては磷酸塩の水溶液又はほう酸塩の水溶液の混合液を用いている。
20 この他に、クエン酸塩やアジピン酸塩などの中性近傍の塩の水溶液を用いることができる。また、液温は、多孔性の被膜となるのを避けるため室温程度が望ましく、例えば、ほう酸塩の水溶液を用いた場合は20～30℃程度が望ましい。

このような条件下で陽極酸化を行うと、印加電圧に略比例した膜厚の酸化膜を電極の表面に形成できる。酸化膜の膜厚を制御し、さらに
25 電流投入時に流れる電流を一定以下と制御するために、プロセス用の電源として定電圧・定電流電源を用いることが望ましい。また、電極

のうち、接続ランドに相当する部分では、上述したように酸化膜を取り除く処理を行うことが望ましいので、接続ランドに相当する部分にはレジストなどを塗布し、酸化膜の厚みの増加を防止することが望ましい。

5 発明者によって、筒型のケース内にSUSの異物(5~10 μ m径のSUS製の粉)を強制的に混入した場合のトラブルの発生頻度が測定されている。その結果、陽極酸化を行わなかった共振子においては繰り返しの落下試験(75~150cmの高さから5回の落下試験を繰り返した結果)を行うとほぼ100%のものがショートする。これ
10 に対し、上記のようにIDTの片側の電極のみに陽極酸化を行ったSAW共振子ではショートする頻度は減少し、陽極酸化電圧を30V程度でショートの発生頻度は略半減する。さらに、陽極酸化電圧を上げ、50V以上にするとショートの発生頻度がほぼ0になることが確認できた。同様の方法で、図22に示したようなパターンを用いてID
15 Tの両側の電極に陽極酸化することも可能であり、このような共振子では、陽極酸化電圧が20V以上でショートの発生頻度はほぼ0となる。図23に示すように、陽極酸化電圧が20Vで酸化膜の厚みはほぼ280Åであり、50Vではほぼ700Åである。

IDTの片側の電極のみに酸化被膜を強制的に作製した場合は、両
20 側の電極に酸化被膜を形成した場合より厚い被膜、上記の実験結果からはほぼ2倍程度の被膜を形成する必要がある。しかし、IDTの一方の電極を各パターン毎に独立して形成できるので、チップにカットする前のウェハの状態それぞれの各パターン毎に共振周波数を予め測定することができる。この測定された共振周波数に基づいて酸化被膜
25 を形成するプロセスを繰り返せば、ウェハ状態での粗調や、SAW共振片個々における微調などの製造過程における共振周波数の調整作業

を行える。

図 2 4 に、陽極酸化電圧が 5 0 V 近傍の、陽極酸化電圧に対する複
数のウェハの共振周波数の変化を示してある。本図にて判るように、
酸化電圧を調整することによって p p m 単位で共振周波数の調整が可
5 能である。従って、I D T の一方の電極のみに陽極酸化を施せば、ウ
ェハの段階で共振周波数の測定が可能であり、その結果に基づきさら
に陽極酸化を行って、予め共振周波数の整った S A W 共振片を容易に
得ることができる。このように、電極に陽極酸化を施すことによって
10 上述したような優れた特性を維持したまま、ごみなどのトラブルに対
する耐性の強いデバイスを実現できる。

表面実装型のデバイス

図 2 5 に、図 5 に基づき説明した S A W 共振片を筒型のケース内に
片持ち収納した S A W 共振子 2 0 を表面実装デバイス 6 0 とした例を
15 透視図で示してある。このデバイス 6 0 では、S A W 共振片が気密封
止されたケース 2 1 から外側に突き出たリード 2 5 a および 2 5 b が
それぞれリードフレーム 6 1 a および 6 1 b と溶接、半田付け、ある
いは導電性接着剤などの方法により取り付けられている。さらに、筒
型のケース 2 1 のリードの突き出た反対側にもリードフレーム 6 2 が
20 配置されており、これらのリードフレーム 6 1 および 6 2 とケース 2
1 が直方体状に成形された樹脂 6 5 によって一体化されている。リー
ドフレーム 6 1 a および 6 1 b は、この表面実装型の S A W 共振子 6
0 の電氣的な接続を得るために使用される。また、リードフレーム 6
2 はこの S A W 共振子 6 0 を基板へ実装する際に強度を確保するため
25 のダミーリードとして用いられる。さらに、これらが樹脂 6 5 によ
って直方体に一体成形されているので自動実装技術を用いて基板に実装

できる。

図26に、上記ではダミーリードとして用いられているリードフレーム62を筒型のケース21に電氣的に接続したタイプの表面実装型のSAW共振子60を示してある。リードフレーム62は、ケース21と接触する箇所69で、接触、圧入、半田付けあるいは導電性接着剤などの方法によってケース21と電氣的に接続できる。このようにリードフレーム62をケース21と接続しておく、リードフレーム62を介して金属製のケース21をグラウンドに接続、すなわち接地できる。SAW共振子は、数百MHz以上の高周波において用いられることが多い。そこで、ケース21を接地することによって電波として空間に存在するノイズをシールドすることができ、逆にSAW共振子がノイズの発生源となることも防止できる。筒型のケースに限らず、箱状のケースなど金属性のケースをリードフレームを介して接地することによって、ノイズに強い表面実装型のSAWデバイスを提供できる。

これらのSAWデバイスは、ケースの内部に上記のようなSAW共振片が片持ちマウントされており、共振周波数の非常に安定したSAW共振子が得られる。さらに、このSAW共振子は、低い等価直列抵抗、そして高いQ値といった優れた特性を兼ね備えている。また、樹脂によってリードフレームと一体に形成されることによって、実装性に優れた表面実装型のデバイスとすることも簡単である。また、SAW共振片はリードと導電性接着剤あるいは非導電性の接着剤を用いて片持ちマウントされているので耐衝撃性も優れており、さらに、電極に陽極酸化膜を形成することによって衝撃になどによってショートなどのトラブルが発生するともない。このように、本発明によって、導電性に優れた高品質の弾性表面波共振子を安価に提供することができ

る。

産業上の利用可能性

高周波領域で使用可能な高性能の弾性表面波共振片、および S A W 共振子を提供でき、S A W フィルターなどの各種のデバイスに適用可能である。特に、本発明の S A W デバイスは、等価直列抵抗が低く、高い Q 値を必要とする高安定発振器に好適なデバイスである。さらに、表面実装が可能な形状として提供することも容易である。

請 求 の 範 囲

1. ほぼ矩形の圧電体の表面の略中央に交差指電極が形成され、この交差指電極を挟んで前記圧電体の長手方向に1対の反射器が形成された弾性表面波共振片と、この弾性表面波共振片を支持する支持体とを有し、前記弾性表面波共振片の長手方向の一方の端部のみが前記支持体に接続されていることを特徴とする弾性表面波共振子。
2. 請求項1において、前記弾性表面波共振片の前記反射器より端の側が前記支持体に接続されていることを特徴とする弾性表面波共振子。
3. 請求項1において、前記弾性表面波共振片は、この弾性表面波共振片に沿って延びた中空のハウジング内に収納されていることを特徴とする弾性表面波共振子。
4. 請求項3において、前記ハウジングは金属製の筒型、丸缶型、箱型のいずれかであって、前記支持体によって前記弾性表面波共振片が前記ハウジング内に封止されており、さらに、前記支持体を貫通し前記弾性表面波共振片の前記交差指電極と電氣的に接続された複数のリードを有すること特徴とする弾性表面波共振子。
5. 請求項3において、前記ハウジングは前記弾性表面波共振片を封止可能なほぼ箱型のセラミックケースであり、このセラミックケースの一部によって前記支持体が構成されており、この支持体に前記弾性表面波共振片の前記交差指電極と電氣的に接続された導出パターン

が形成されていることを特徴とする弾性表面波共振子。

6. 請求項3において、前記ハウジング内に前記弾性表面波共振片が封止されており、前記ハウジング内の雰囲気はほぼ真空状態である。
こを特徴とする弾性表面波共振子。

7. 請求項3において、前記ハウジング内に前記弾性表面波共振片が封止されており、前記ハウジング内に不活性気体が封入されていることを特徴とする弾性表面波共振子。

10

8. 請求項3において、前記ハウジングの中心軸に対し、前記弾性表面波共振片の表面が傾斜していることを特徴とする弾性表面波共振子。

15 9. 請求項8において、前記弾性表面波共振片は、リードを介して前記支持部と接続されており、このリードの前記弾性表面波共振片と接する端部が前記ハウジングの中心軸に対して傾斜していることを特徴とする弾性表面波共振子。

20 10. 請求項1において、前記弾性表面波共振片と前記支持体は、非導電性の接着剤を介して接続されていることを特徴とする弾性表面波共振子。

11. 請求項1において、前記支持体を貫通する少なくとも2本の
25 リードと、これらのリードのそれぞれと接続するように前記弾性表面波共振片上に設けられた少なくとも2つの接続ランドとを有し、前記

弾性表面波共振片は前記リードを介して前記支持体に取り付けられ、
前記接続ランドは、前記弾性表面波共振片の長手方向の一方の端部の
、前記表面、裏面、両側面、端面の少なくともいずれかに形成されて
いることを特徴とする弾性表面波共振子。

5

1 2. 請求項 1 1 において、前記リードは、前記接続ランドに接す
るほぼ平板状の接続端を備えていることを特徴とする弾性表面波共振
子。

1 0 1 3. 請求項 1 2 において、前記接続端の先端は少なくとも 2 本に
分岐していることを特徴とする弾性表面波共振子。

1 4. 請求項 1 1 において、前記リードは、前記接続ランドと酸化
防止材の混入した導電性接着剤によって接続されていることを特徴と
1 5 する弾性表面波共振子。

1 5. 請求項 1 1 において、前記リードは、前記接続ランドと導電
性接着剤によって接続されており、前記接続ランド上に前記導電性接
着剤の塗布後に形成された少なくとも 1 本の傷を備えていることを特
2 0 徴とする弾性表面波共振子。

1 6. 請求項 1 1 において、前記接続ランドにバンプが形成されて
いることを特徴とする弾性表面波共振子。

2 5 1 7. 請求項 1 において、前記交差指電極を構成する 1 組の電極の
うち、少なくともいずれかの表面に陽極酸化による酸化膜が形成され

ていることを特徴とする弾性表面波共振子。

18. 請求項1において、前記交差指電極を構成する1組の電極のうち、一方のみに陽極酸化による酸化膜が形成されていることを特徴とする弾性表面波共振子。

19. 請求項3に記載の弾性表面波共振子を有し、前記ハウジングから外部に前記交差指電極と電氣的に接続した複数のリードが延びており、さらに、これらのリードと電氣的に接続されたリードフレームを有し、前記弾性表面波共振子およびリードフレームが樹脂により一体成形されていることを特徴とする表面実装型弾性表面波共振子。

20. 請求項4に記載の弾性表面波共振子と、前記リードと電氣的に接続されたリードフレームと、さらに、前記ハウジングと電氣的に接続されたリードフレームとを有し、これらの弾性表面波共振子およびリードフレームが樹脂により一体成形されていることを特徴とする表面実装型弾性表面波共振子。

21. ほぼ矩形の圧電体の表面の略中央に交差指電極を形成する1組の電極を有し、これらの電極の一方のみに陽極酸化による酸化膜が形成されていることを特徴とする弾性表面波共振片。

22. 請求項21に記載の弾性表面波共振片を有し、この弾性表面波共振片の表面には、前記交差指電極を挟んで前記圧電体の長手方向に一对の反射体が形成されており、さらに、

この弾性表面波共振片を支持する支持体を有し、この支持体に対し

、前記弾性表面波共振片の長手方向の一方の端部のみが接続されていることを特徴とする弾性表面波共振子。

23. 請求項22において、前記弾性表面波共振片の前記反射体より
5 端の側が前記支持体に接続されていることを特徴とする弾性表面波共振子。

24. 請求項22において、前記弾性表面波共振片は、この弾性表面波共振片に沿って延びた中空のハウジング内に収納されていること
10 を特徴とする弾性表面波共振子。

25. 請求項24において、前記ハウジングは金属製の筒型、丸缶型、箱型のいずれかであって、前記支持体によって前記弾性表面波共振片が前記ハウジング内に封止されており、さらに、前記支持体を貫
15 通し前記弾性表面波共振片の前記交差指電極と電氣的に接続された複数のリードを有すること特徴とする弾性表面波共振子。

26. 請求項24において、前記ハウジングは前記弾性表面波共振片を封止可能なほぼ箱型のセラミックケースであり、このセラミック
20 ケースの一部によって前記支持体が構成されており、この支持体に前記弾性表面波共振片の前記交差指電極と電氣的に接続された導出パターンが形成されていることを特徴とする弾性表面波共振子。

27. 請求項24において、前記ハウジング内に前記弾性表面波共振片が封止されており、前記ハウジング内の雰囲気はほぼ真空状態であることを特徴とする弾性表面波共振子。

25

28. 請求項24において、前記ハウジング内に前記弾性表面波共振片が封止されており、前記ハウジング内に不活性気体が封入されていることを特徴とする弾性表面波共振子。

5

29. 請求項24において、前記ハウジングの中心軸に対し、前記弾性表面波共振片の表面が傾斜していることを特徴とする弾性表面波共振子。

10 30. 請求項29において、前記弾性表面波共振片は、リードを介して前記支持部と接続されており、このリードの前記弾性表面波共振片と接する端部が前記ハウジングの中心軸に対して傾斜していることを特徴とする弾性表面波共振子。

15 31. 請求項22において、前記弾性表面波共振片と前記支持体は、非導電性の接着剤を介して接続されていることを特徴とする弾性表面波共振子。

32. 請求項22において、前記支持体を貫通する少なくとも2本のリードと、これらのリードのそれぞれと接続するように前記弾性表面波共振片上に設けられた少なくとも2つの接続ランドとを有し、前記弾性表面波共振片は前記リードを介して前記支持体に取り付けられ、前記接続ランドは、前記弾性表面波共振片の長手方向の一方の端部の、前記表面、裏面、両側面、端面の少なくともいずれかに形成され
25 ていることを特徴とする弾性表面波共振子。

3 3. 請求項 3 2 において、前記リードは、前記接続ランドに接するほぼ平板状の接続端を備えていることを特徴とする弾性表面波共振子。

5 3 4. 請求項 3 3 において、前記接続端の先端は少なくとも 2 本に分岐していることを特徴とする弾性表面波共振子。

3 5. 請求項 3 2 において、前記リードは、前記接続ランドと酸化防止材の混入した導電性接着剤によって接続されていることを特徴とする弾性表面波共振子。

3 6. 請求項 3 2 において、前記リードは、前記接続ランドと導電性接着剤によって接続されており、前記接続ランド上に前記導電性接着剤の塗布後に形成された少なくとも 1 本の傷を備えていることを特徴とする弾性表面波共振子。

3 7. 請求項 3 2 において、前記接続ランドにバンプが形成されていることを特徴とする弾性表面波共振子。

2 0 3 8. 請求項 2 4 に記載の弾性表面波共振子を有し、前記ハウジングから外部に前記交差指電極と電氣的に接続した複数のリードが延びており、さらに、これらのリードと電氣的に接続されたリードフレームを有し、前記弾性表面波共振子およびリードフレームが樹脂により一体成形されていることを特徴とする表面実装型弾性表面波共振子。

39. 請求項25に記載の弾性表面波共振子と、前記リードと電氣的に接続されたリードフレームと、さらに、前記ハウジングと電氣的に接続されたリードフレームとを有し、これらの弾性表面波共振子およびリードフレームが樹脂により一体成形されていることを特徴とする表面実装型弾性表面波共振子。

40. 圧電体の表面に形成された交差指電極の一方の電極に通電して陽極酸化を行う第1の工程と、前記交差指電極によって励振される弾性表面波の共振周波数を測定する第2の工程とを有し、
10 前記第1および第2の工程を交互に行って前記共振周波数を所望の値に合わせ込むことを特徴とする弾性表面波共振片の製造方法。

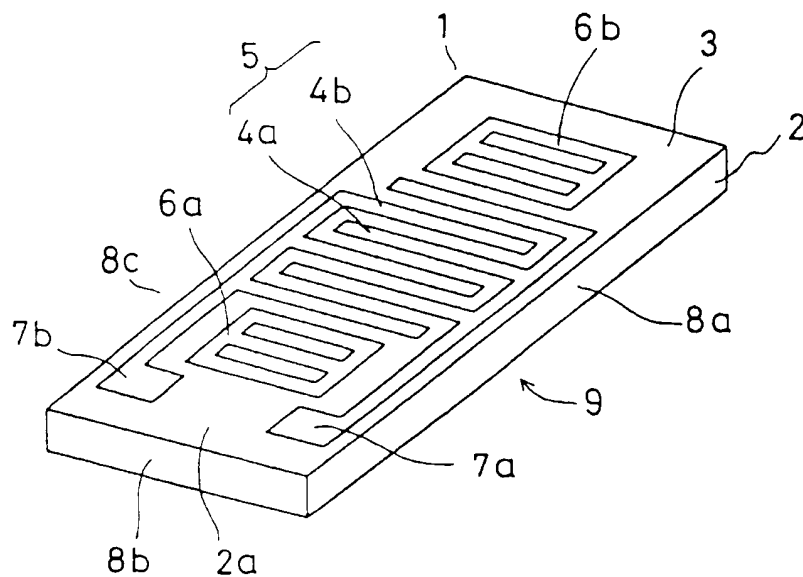
41. 請求項40に記載の前記第1および第2の工程に先立って、前記圧電体ウェハの表面上に少なくとも1組の交差指電極を形成し、
15 前記第1および第2の工程とを交互に繰り返すことにより、前記共振周波数を所望の値に合わせ込んだ後、前記圧電体ウェハを切断して前記交差指電極を備えた弾性表面波共振片を作製することを特徴とする弾性表面波共振片の製造方法。

20 42. 請求項40に記載の前記第1および第2の工程に先立って、前記圧電体ウェハの表面上に少なくとも1組の交差指電極を形成し、前記第1および第2の工程とを交互に繰り返すことにより、前記共振周波数が所望の値に合わせ込み、その後、前記圧電体ウェハを切断して弾性表面波共振片を作製し、この弾性表面波共振片をその長手方向の一方の端部を支持体に接続することにより弾性表面波共振子を製造することを特徴とする弾性表面波共振子の製造方法。

25

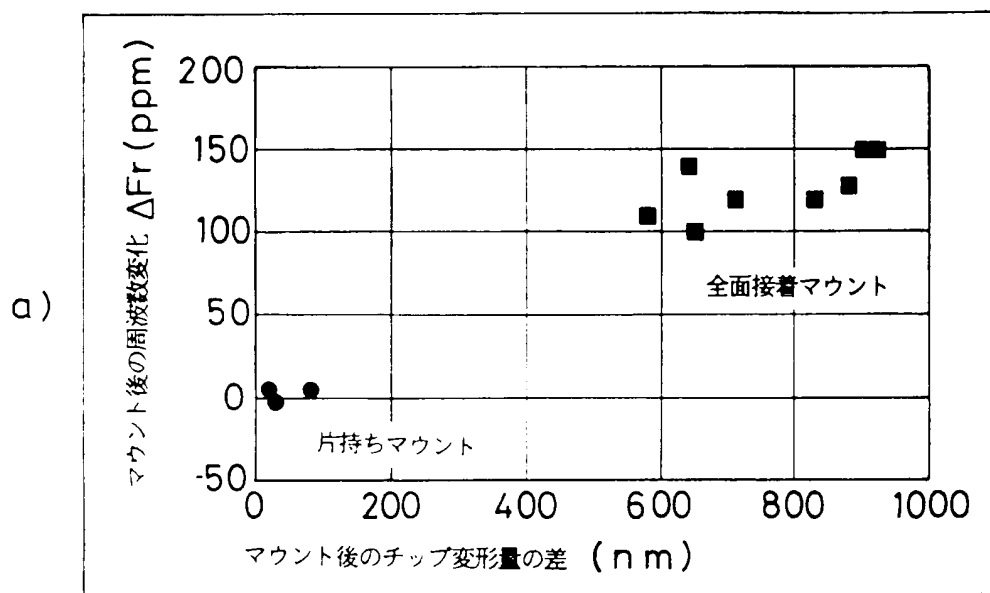
1/23

図 1

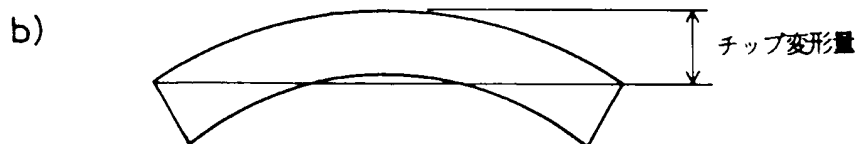


2/23

図 2

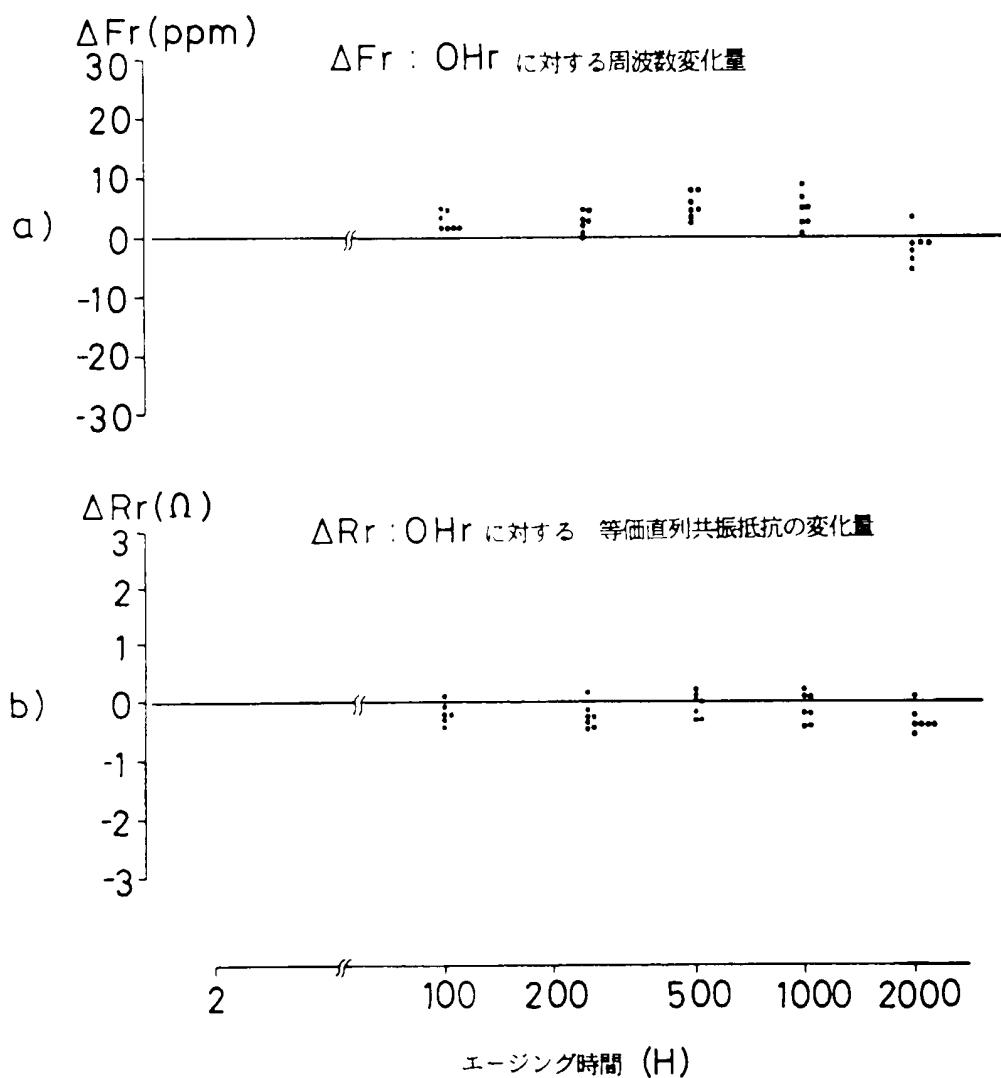


マウント後のチップ変形量と周波数変動



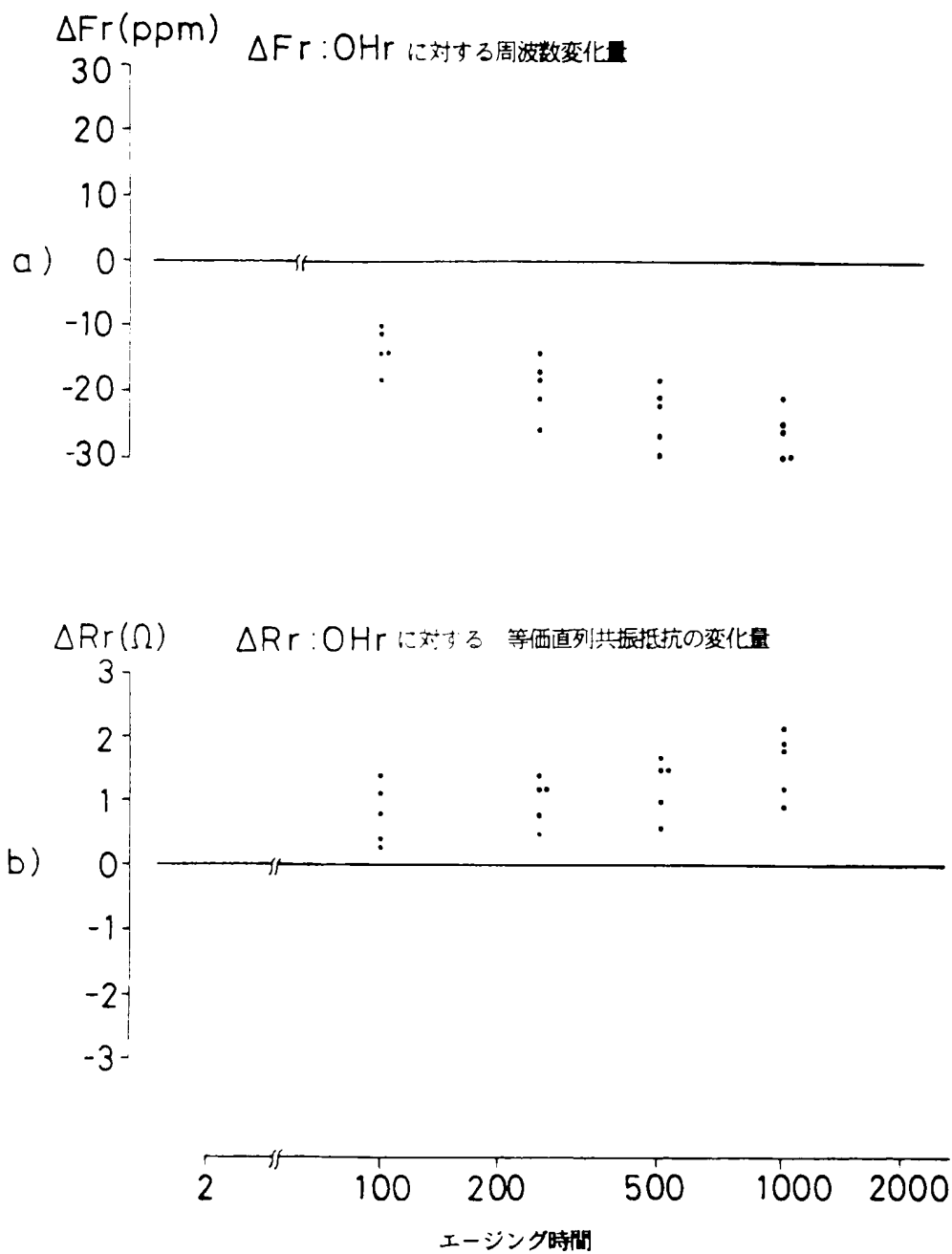
3/23

図 3



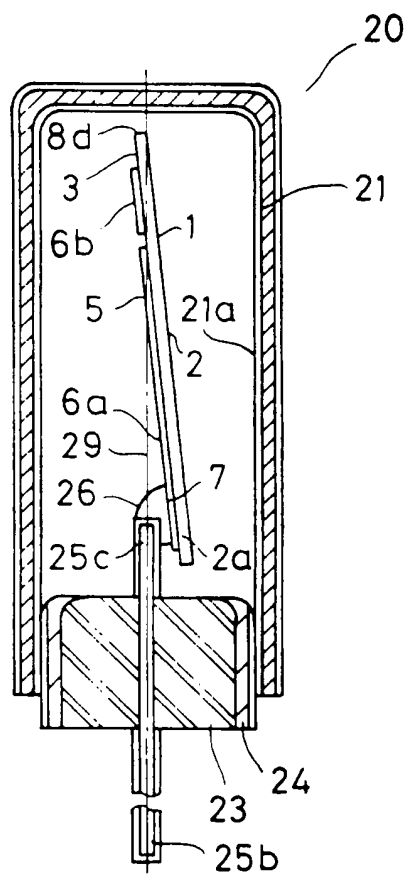
4/23

図 4



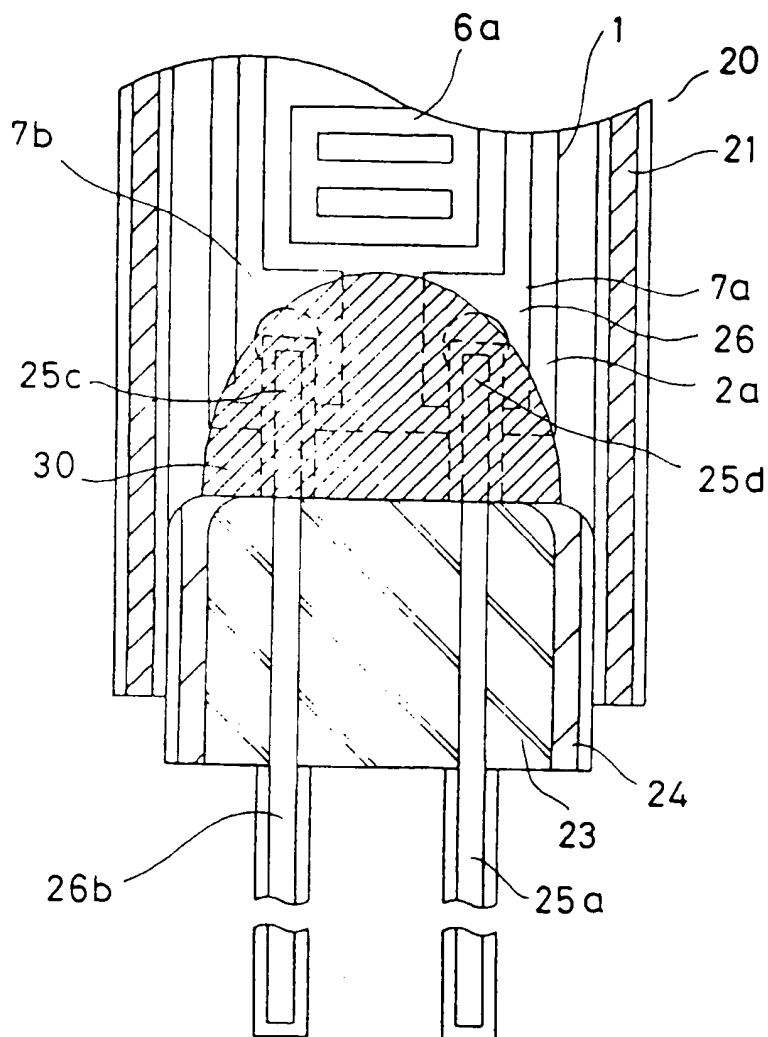
6/23

☒ 6



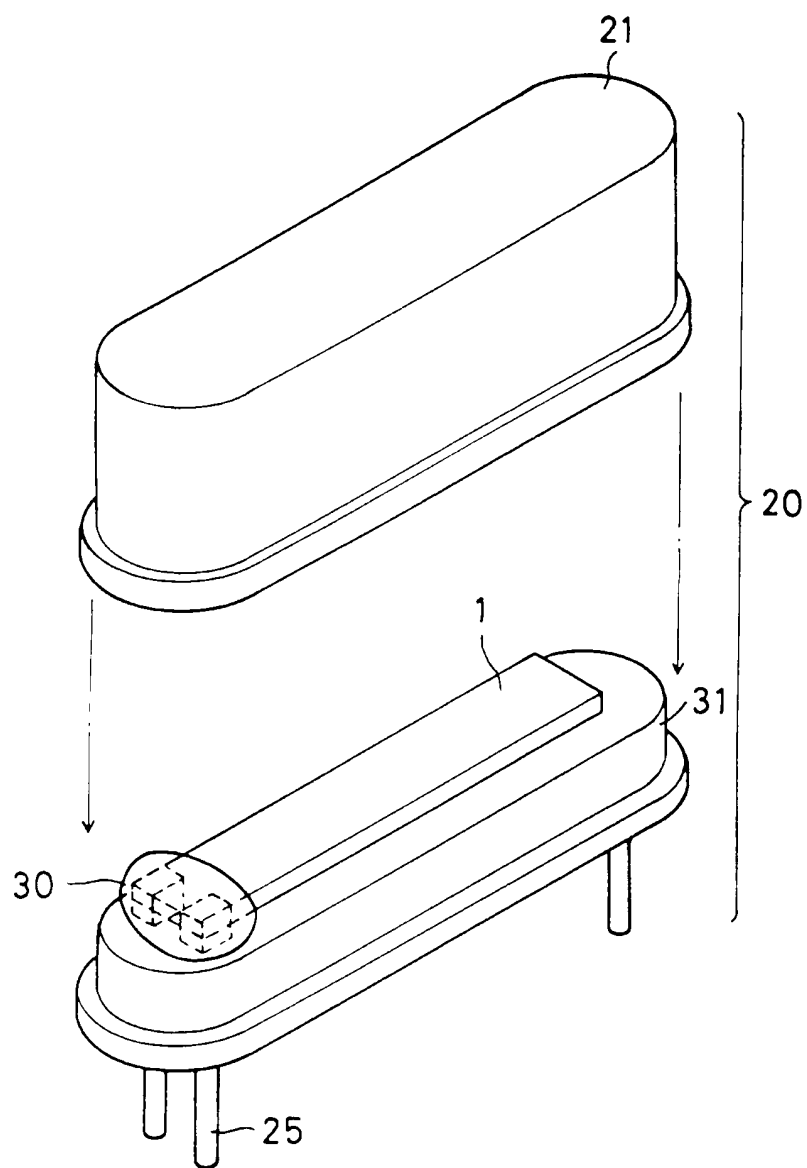
7/23

7



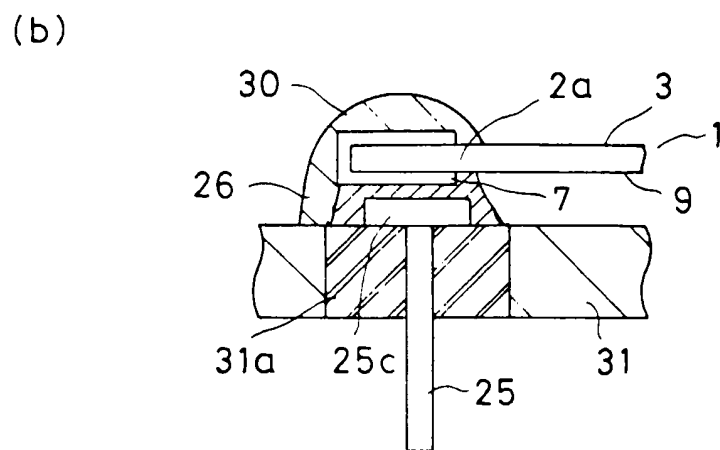
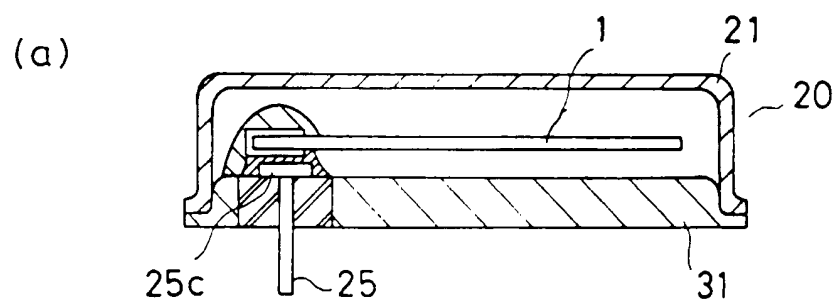
8/23

8



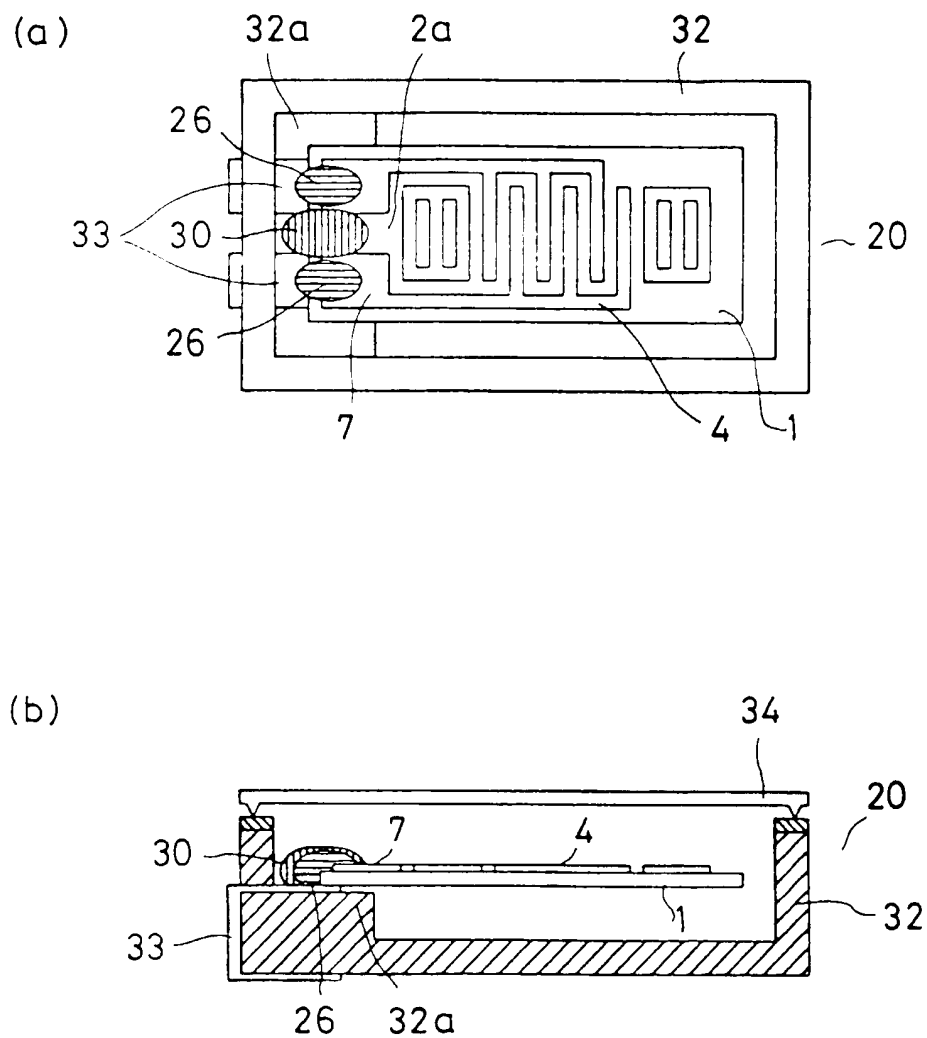
9/23

9



10/23

図 10



11/23

図 11

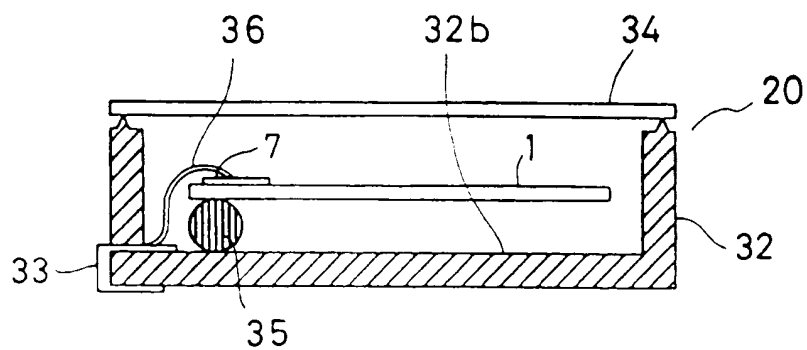
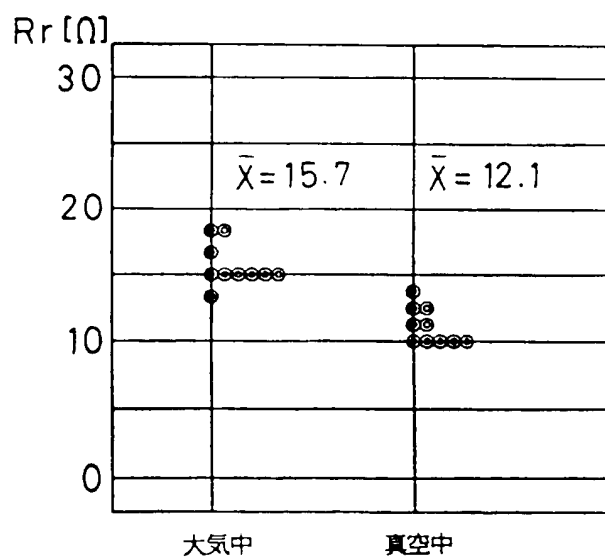
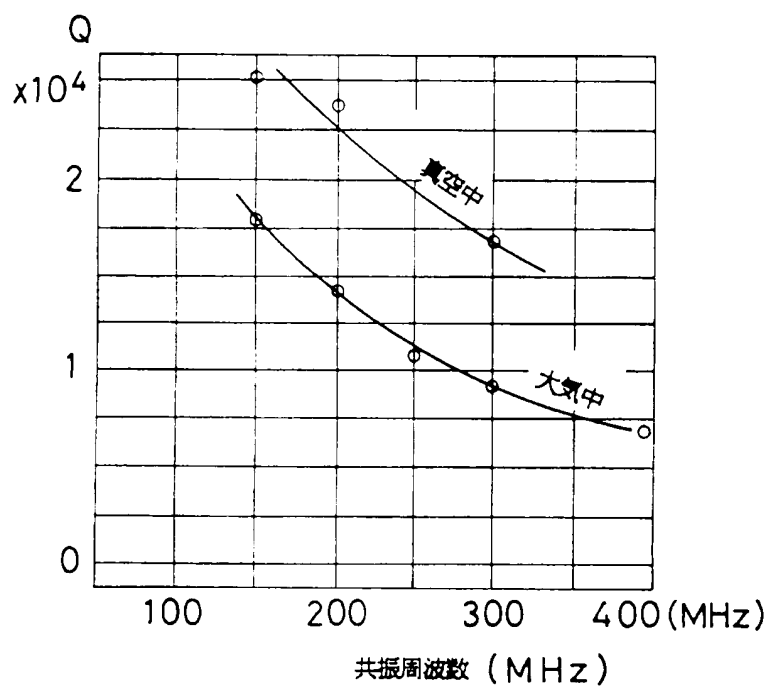


図 12

封止前後での等価直列抵抗 R_r の変化

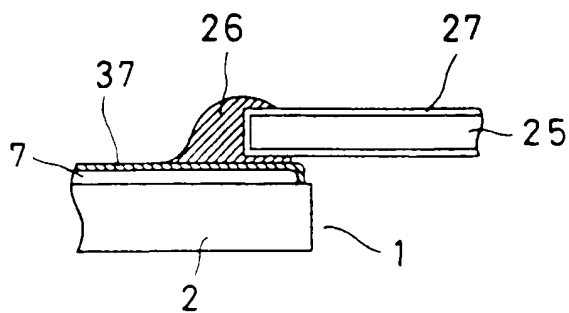
12/23

図 13

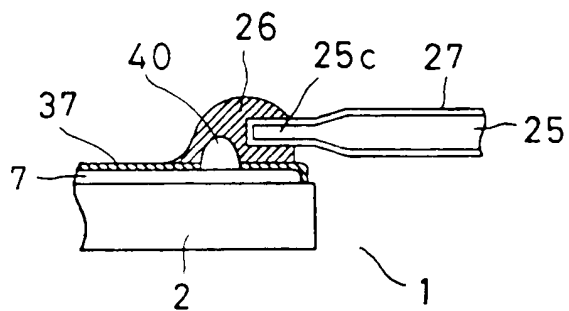


13/23

14



15



14/23

図 16

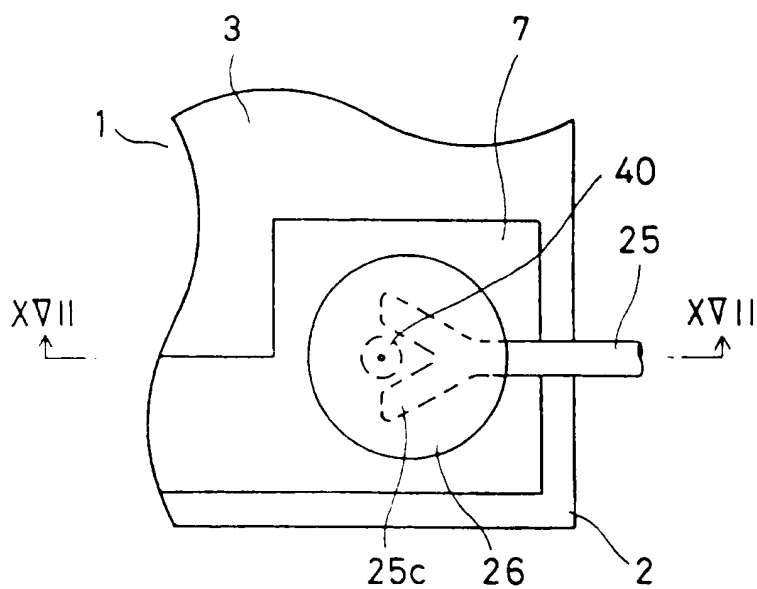
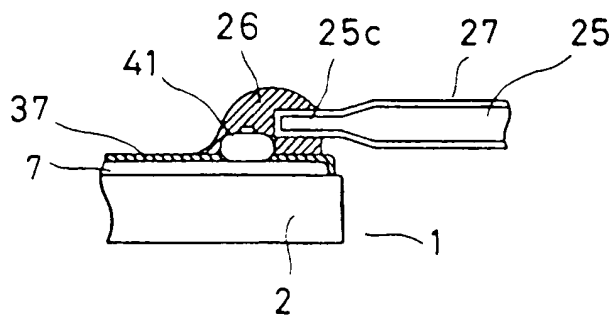


図 17



15/23

図 18

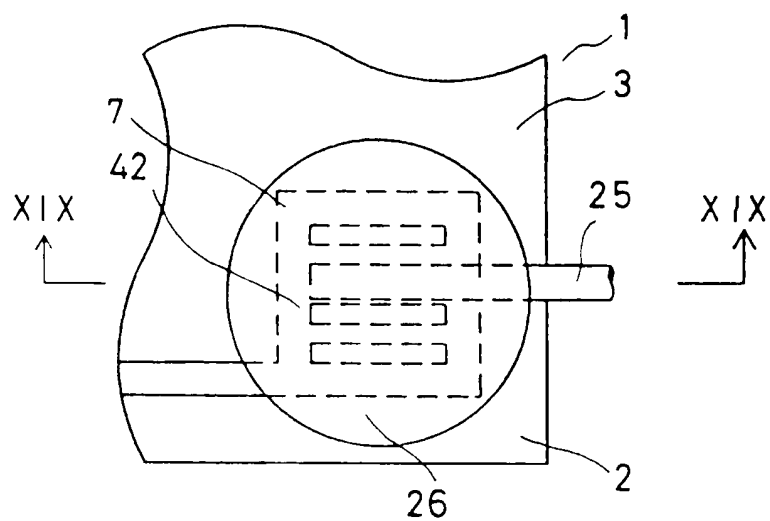
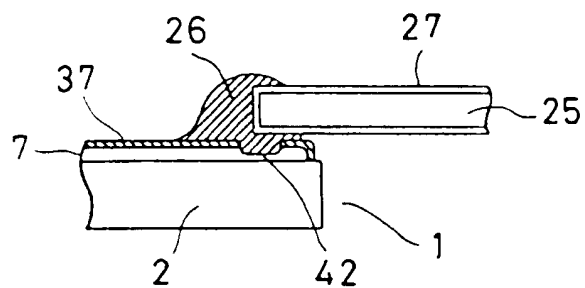
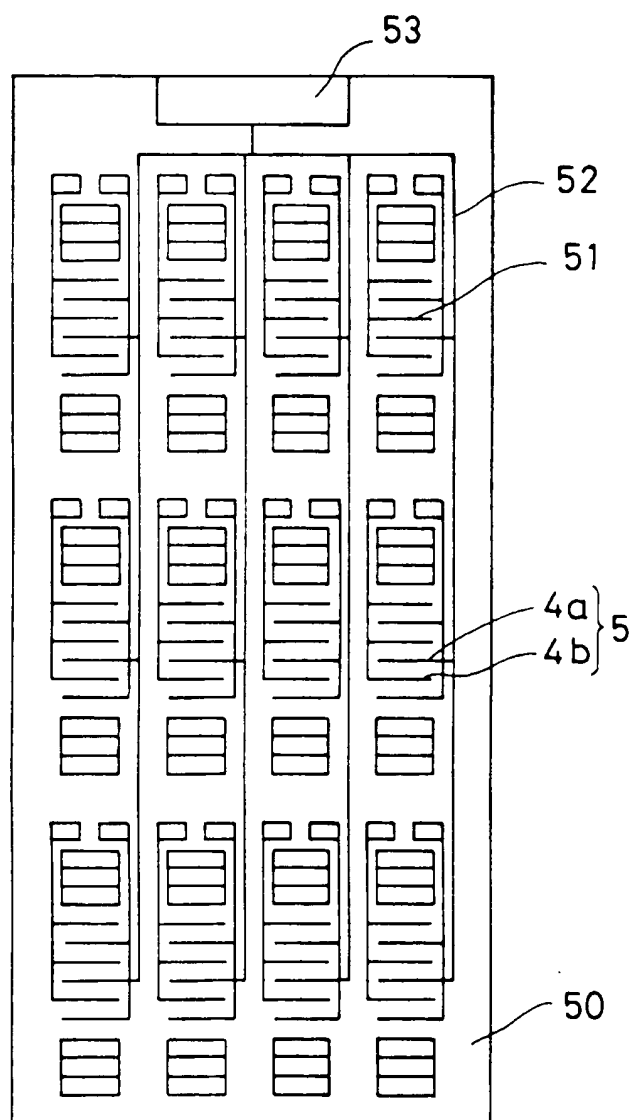


図 19



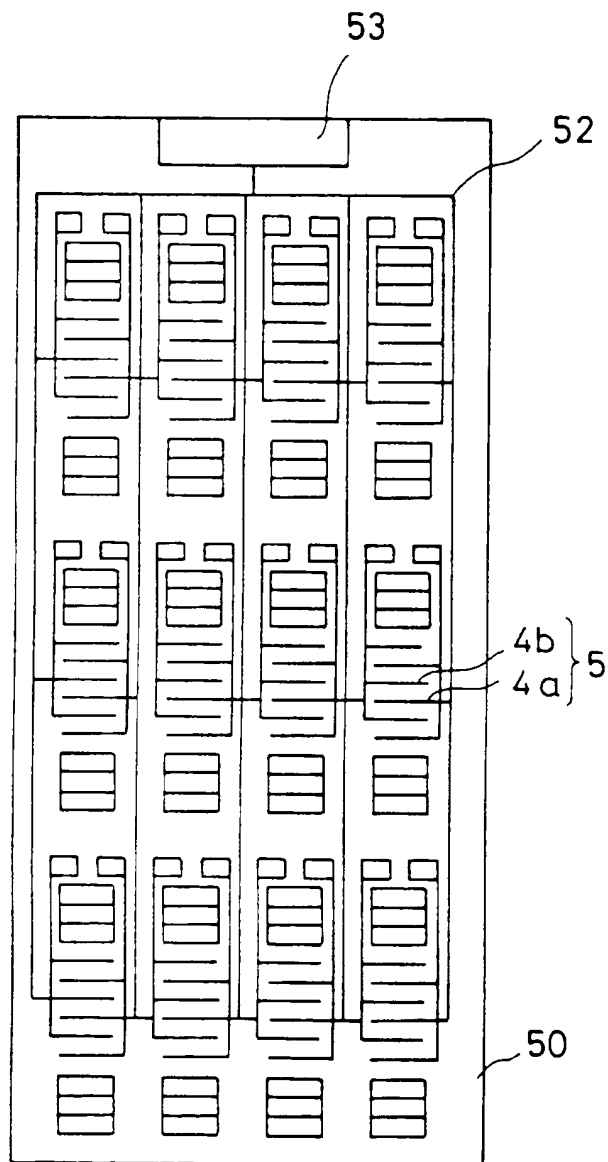
16/23

図 20



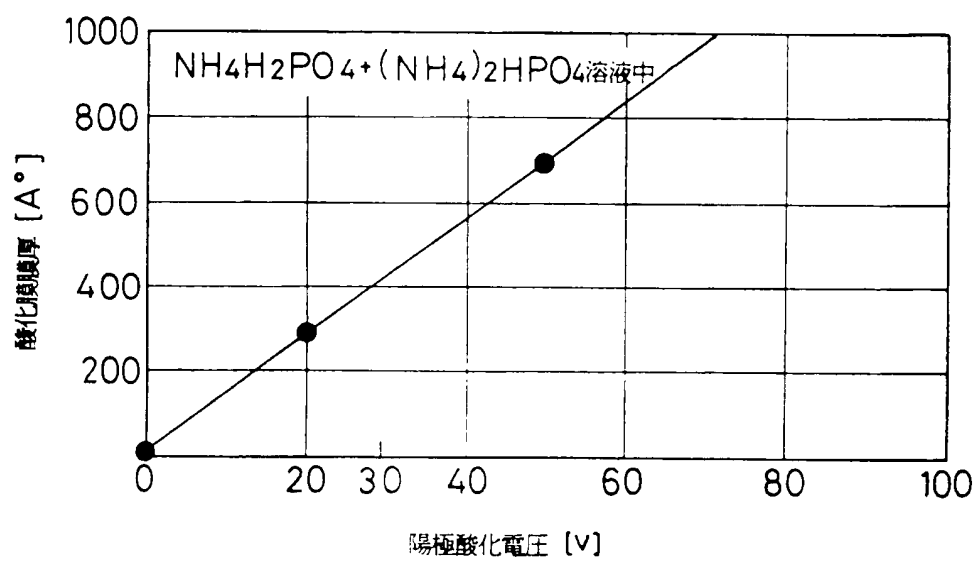
18/23

22



19/23

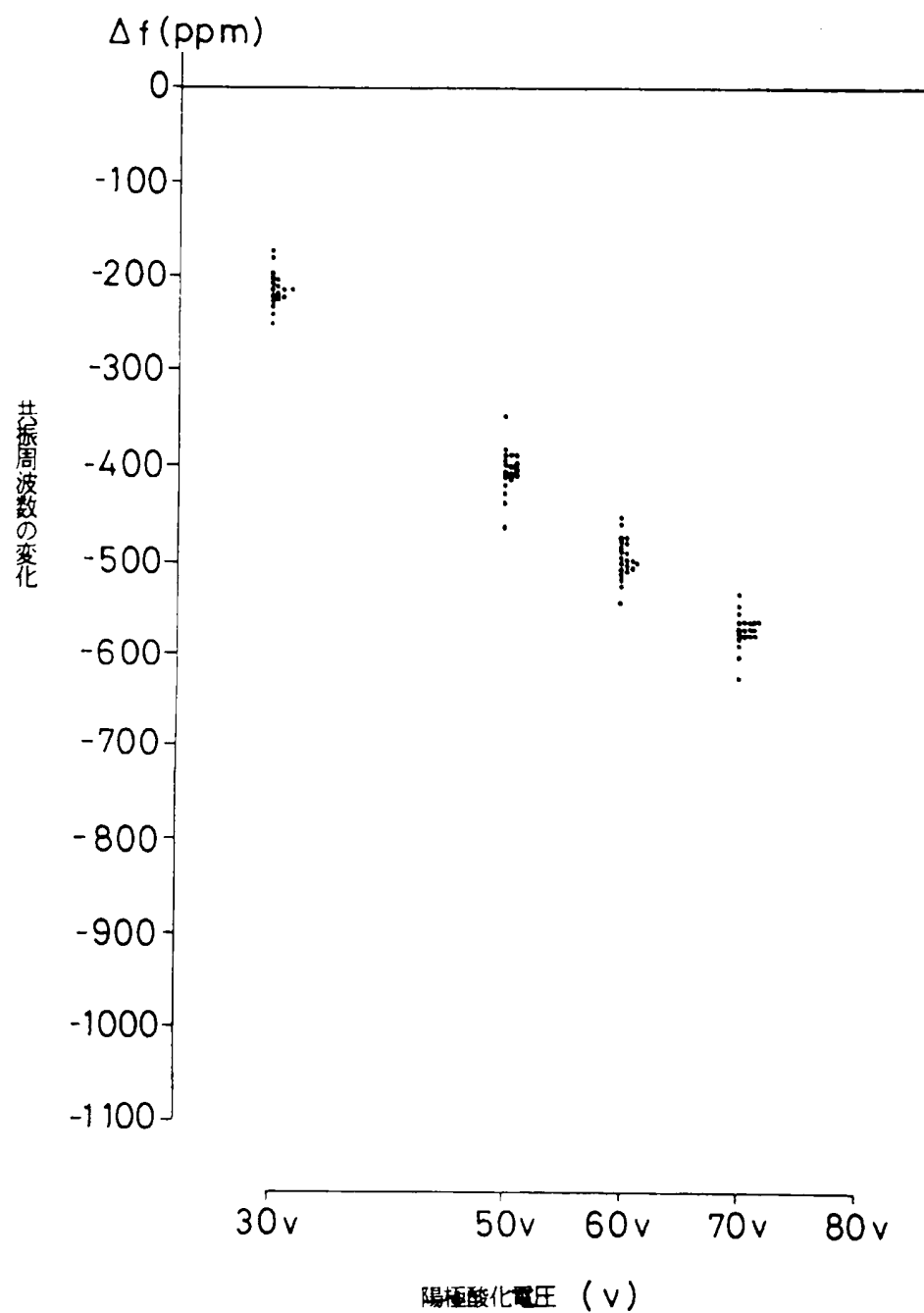
図 23



エリブソメータによる陽極酸化アルミの膜厚測定結果

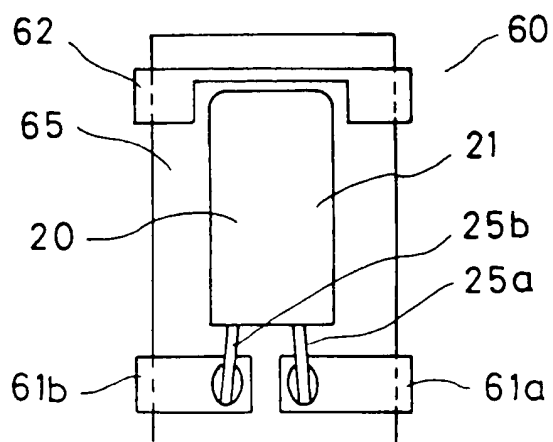
20/23

図 24

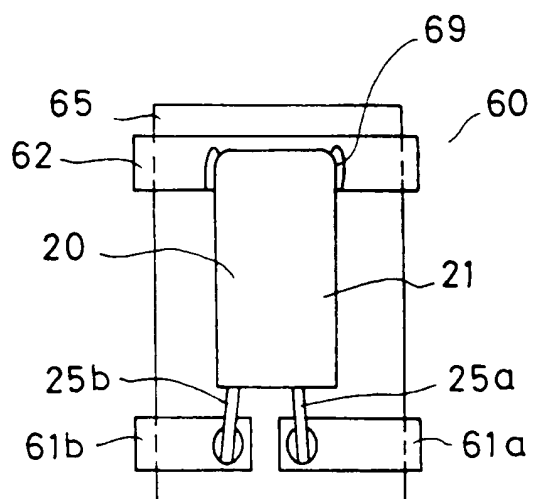


21/23

25



26



22/23

図 27

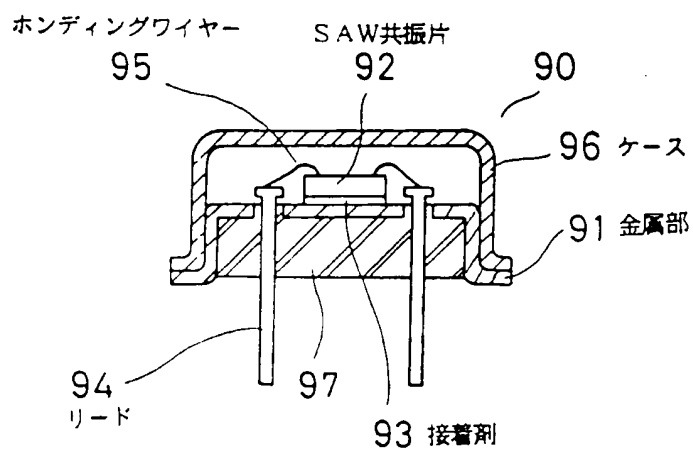
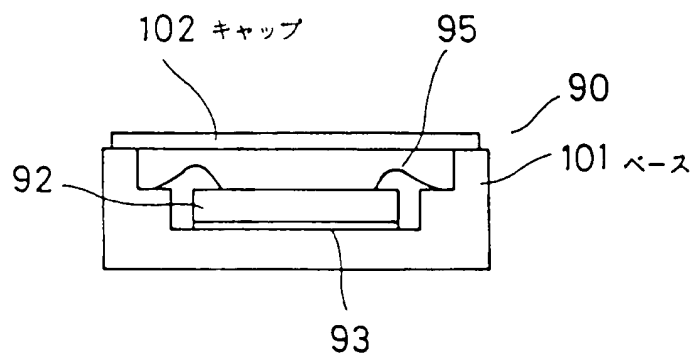
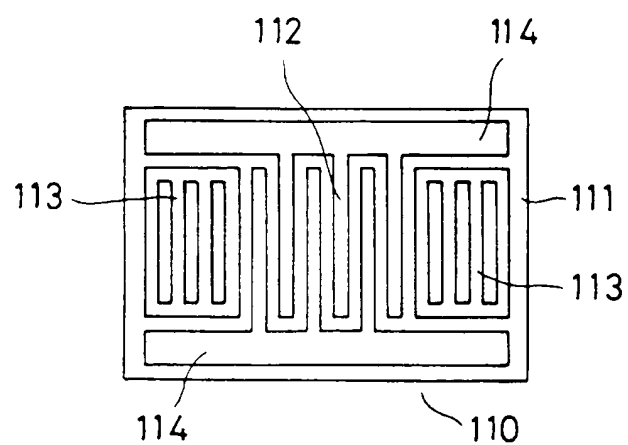


図 28



23/23

29



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP95/00311

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl⁶ H03H3/08, 3/10, 9/25, 9/145

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl⁶ H03H3/08, 3/10, 9/145, 9/25

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926 - 1995

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971 - 1995

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP, 1-106513, A (Toyo Communication Equipment Co., Ltd.), April 24, 1989 (24. 04. 89),	1-2, 10
Y	Lines 3 to 16, right column, page 1, Fig. 4 (Family: none)	3 - 20, 22-39, 42
X	JP, 1-212014, A (Matsushita Kogyo K.K.), August 25, 1989 (25. 08. 89),	1, 2, 3
Y	Fig. 1, (Family: none)	4 - 20, 22-39, 42
Y	JP, 3-11688, B2 (Toyo Communication Equipment Co., Ltd.), February 18, 1991 (18. 02. 91), Figs. 2, 3, 4 (Family: none)	3-9, 19-20, 24-30, 38-39
X	JP, 59-54311, A (Fujitsu Ltd.), March 29, 1984 (29. 03. 84),	1, 2, 10
Y	Line 20, upper left column to line 17, lower left column, page 2, Figs. 2 to 7 (Family: none)	3-20, 22-39, 42

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

May 11, 1995 (11. 05. 95)

Date of mailing of the international search report

June 6, 1995 (06. 06. 95)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Facsimile No.

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP95/00311

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, 59-152821, U1 (Toshiba Corp.), October 13, 1984 (13. 10. 84), Figs. 2 to 4 (Family: none)	11 - 16, 32 - 37
Y	JP, 62-28095, Y2 (Murata Mfg. Co., Ltd.), July 18, 1987 (18. 07. 87), Lines 7 to 8, 16 to 20, column 4, lines 24 to 26, column 5, Fig. 2 (Family: none)	5, 26
Y	JP, 61-285815, A (Hitachi, Ltd.), December 16, 1986 (16. 12. 86), Lines 3 to 6, lower left column, page 2 (Family: none)	6, 7 27, 28
Y	JP, 5-121990, A (NEC Kansai, Ltd.), May 18, 1993 (18. 05. 93), Lines 9 to 11, column 2 (Family: none)	8, 9 29, 30
X	JP, 59-61211, A (Toshiba Corp.), April 7, 1984 (07. 04. 84),	21,
Y	Claim (Family: none)	17-18, 22-39
Y	JP, 1-135212, A (Matsushima Kogyo K.K.), May 26, 1989 (26. 05. 89), Line 3, upper right column to line 20, lower left column, page 2, Figs. 1 to 2 & WO, 8806818, A1	19, 20, 38, 39
A	JP, 58-40849, B2 (NEC Corp.), September 8, 1983 (08. 09. 83), Line 36, column 3 to line 1, column 4 (Family: none)	40 - 42
Y	JP, 57-52214, A (Toshiba Corp.), March 27, 1982 (27. 03. 82), Fig. 5 (Family: none)	3 - 9, 19 - 20, 24 - 30, 38 - 39
Y	JP, 5-28829, A (Tokyo Cosmos Electric Co., Ltd.), February 5, 1993 (05. 02. 93), Claim 5, lines 35 to 37, left column, page 2 (Family: none)	14, 35
Y	JP, 2-256297, A (Japan Radio Co., Ltd.), October 17, 1990 (17. 10. 90), Lines 2 to 16, right column, page 1, line 12, upper right column to line 2, lower left column, page 2 & US, 5031308, A	15, 16 32, 37
A	JP, 62-35704, A (Sony Corp.), February 16, 1987 (16. 02. 87), Lines 5 to 12, right column, page 1	41, 42
Y	JP, 57-170599, A (Siemens AG.), October 20, 1982 (20. 10. 82),	4, 3, 25

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP95/00311

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
	Line 2, right column, page 1, Figs. 1, 2 & EP, 61648, A2	

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP95/00311

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of Item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of Item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

No single general inventive concept is present between
Claim 1 and Claims 21, 40-42.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

Form PCT/ISA/210 (continuation of first sheet (1)) (July 1992)

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl. H03H3/08, 3/10, 9/25, 9/145		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl. H03H3/08, 3/10, 9/145, 9/25		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
日本国実用新案公報 1926-1995年 日本国公開実用新案公報 1971-1995年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ *	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP, 1-106513, A (東洋通信機株式会社), 24. 4月. 1989 (24. 04. 89), 第1頁右欄, 第3行-第16行, 第4図 (ファミリーなし)	1-2, 10
Y		3-20, 22-39, 42
X	JP, 1-212014, A (松島工業株式会社), 25. 8月. 1989 (25. 08. 89), 第1図 (ファミリーなし)	1, 2, 3
Y		4-20, 22-39, 42
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリ 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日 若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日 の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と 矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のため に引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規 性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文 献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性 がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日		国際調査報告の発送日
11. 05. 95		06.06.95
名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 村上友幸 ㊞ 電話番号 03-3581-1101 内線 3535

C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP, 3-11688, B2 (東洋通信機株式会社), 18. 2月. 1991 (18. 02. 91), 第2, 3, 4図 (ファミリーなし)	3-9, 19-20, 24-30, 38-39
X	JP, 59-54311, A (富士通株式会社), 29. 3月. 1984 (29. 03. 84),	1, 2, 10
Y	第2-7図, 第2頁左上欄第20行-左下欄第17行 (ファミリーなし)	3-20, 22-39, 42
Y	JP, 59-152821, U1 (株式会社 東芝), 13. 10月. 1984 (13. 10. 84), 第2図-第4図 (ファミリーなし)	11-16, 32-37
Y	JP, 62-28095, Y2 (株式会社 村田製作所), 18. 7月. 1987 (18. 07. 87), 第2図, 第4欄第7行-8行, 第4欄第16行-20行, 第5欄第24行-26行 (ファミリーなし)	5, 26
Y	JP, 61-285815, A (株式会社 日立製作所), 16. 12月. 1986 (16. 12. 86), 第2頁左下欄第3-6行 (ファミリーなし)	6, 7 27, 28
Y	JP, 5-121990, A (関西日本電気株式会社), 18. 5月. 1993 (18. 05. 93), 第2欄第9-11行 (ファミリーなし)	8, 9 29, 30
X	JP, 59-61211, A (東京芝浦電気株式会社), 7. 4月. 1984 (07. 04. 84),	21,
Y	クレーム (ファミリーなし)	17-18, 22-39
Y	JP, 1-135212, A (松島工業株式会社), 26. 5月. 1989 (26. 05. 89), 第1-2図, 第2頁, 右上欄第3行-左下欄第20行 & WO, 8806818, A1	19, 20, 38, 39
A	JP, 58-40849, B2 (日本電気株式会社), 8. 9月. 1983 (08. 09. 83), 第3欄第36行-第4欄第1行 (ファミリーなし)	40-42
Y	JP, 57-52214, A (東京芝浦電気株式会社), 27. 3月. 1982 (27. 03. 82), 第5図 (ファミリーなし)	3-9, 19-20, 24-30, 38-39

様式PCT/ISA/210 (第2ページの続き) (1992年7月)

C (続き). 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP, 5-28829, A (東京コスモス電機株式会社), 5. 2月. 1993 (05. 02. 93), 第2頁左欄第35-37行, 請求項5 (ファミリーなし)	14, 35
Y	JP, 2-256297, A (日本無線株式会社), 17. 10月. 1990 (17. 10. 90), 第1頁右欄第2行-第16行, 第2頁右上欄第12行- 第2頁左下欄第2行 & US, 5031308, A	15, 16, 32, 37
A	JP, 62-35704, A (ソニー株式会社), 16. 2月. 1987 (16. 02. 87), 第1頁右欄第5-12行	41, 42
Y	JP, 57-170599, A (シーメンス・アクチエンゲゼルシャ フト), 20. 10月. 1982 (20. 10. 82), FIG 1, 2, 第1頁右欄第2行 & EP, 61648, A2	4, 3, 25

様式PCT/ISA/210 (第2ページの続き) (1992年7月)

第I欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見(第1ページの1の続き)

法第8条第3項(PCT17条(2)(a))の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第II欄 発明の単一性が欠如しているときの意見(第1ページの2の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるときこの国際調査機関は認めた。

21, 40-42項に記載のものは第1項のものと「単一の一般的発明概念」が存在しない。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を所定期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。

様式PCT/ISA/210(第1ページの続表II)(1992年7月)

PTO 02-4666

CY=WO DATE=19950908 KIND=A
PN=95-24075

SURFACE ACOUSTIC WAVE RESONATOR ELEMENT, SURFACE ACOUSTIC WAVE
RESONATOR, SURFACE-MOUNTED SURFACE ACOUSTIC WAVE RESONATOR AND
MANUFACTURING METHOD THEREFOR

[Dan'sei hyomen'ha kyoshinhen', dan'sei hyomen'ha kyoshin'shi,
hyomen' jissokei dan'sei hyomen'ha kyoshinshi oyobi sorera no hoho]

Hiroyuki Ogiso, et al.

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE
Washington, D.C. September 2002

Translated by: FLS, Inc.

PUBLICATION COUNTRY	(19):	WIPO
DOCUMENT NUMBER	(11):	95-24075
DOCUMENT KIND	(12):	A
	(13):	
PUBLICATION DATE	(43):	19950908
PUBLICATION DATE	(45):	
APPLICATION NUMBER	(21):	95-00311
APPLICATION DATE	(22):	19950228
ADDITION TO	(61):	
INTERNATIONAL CLASSIFICATION	(51):	H03H 3/08, 3/10, 9/25, 9/145
DOMESTIC CLASSIFICATION	(52):	
PRIORITY COUNTRY	(33):	JP
PRIORITY DATE	(32):	19940302
PRIORITY NUMBER	(31):	6-32427
INVENTORS	(72):	HIROYUKI OGISO, SHUICHI IGUCHI, FUMITAKA KITAMURA
APPLICANT	(71):	SEIKO EPSON CORPORATION
TITLE	(54):	
		SURFACE ACOUSTIC WAVE RESONATOR ELEMENT, SURFACE ACOUSTIC WAVE RESONATOR, SURFACE-MOUNTED SURFACE ACOUSTIC WAVE RESONATOR AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR
FOREIGN TITLE	[54A]:	
		Dan'sei hyomen'ha kyoshinhen', dan'sei hyomen'ha kyoshin'shi, hyomen' jissokei dan'sei hyomen'ha kyoshinshi oyobi sorera no hoho

Title of the Invention

Surface Acoustic Wave Resonator Element, Surface Acoustic Wave Resonator, Surface-Mounted Surface Acoustic Wave Resonator and Manufacturing Method Therefor

Industrial Field of Application

The present invention relates to a surface acoustic wave resonator used in stable, high-frequency oscillating circuits and devices.

Prior Art

Delicate electrodes can be formed on piezo-electric surfaces and surface acoustic waves (SAW) can be electrically operated and detected using delicate processing technologies for integrated circuits. In this way, high frequencies between 100 megahertz and 1 gigahertz can be obtained. SAW devices using surface acoustic waves include the surface acoustic wave resonators (SAW resonators) in high-frequency filters (SAW filters) and oscillating circuits.

Figure 27 is a simplified diagram of a SAW device of the prior art. In this device [90], a SAW resonator element [92] is attached to a metal unit [91] for support using a bonding agent [93], and sealed inside a case [96] with a nitrogen atmosphere using resistance welding. Leads [94] for connecting the SAW resonator element [92] electrically are passed through the insulating section of the metal section [91] consisting of, for example, sealing glass [97], and these leads [94] are connected electrically via the electrodes on the SAW device and bonding wire [95].

Number in the margin indicates pagination in the foreign text.

The SAW device [90] of the prior art shown in Fig. 28 is equipped with a base [101] consisting of, for example, ceramic. /2 The surface acoustic wave resonator [92] is attached to the base [101] using a bonding agent [93]. Electrodes are metalized on the base [101] for connecting the SAW resonator element [92] electrically, and the electrodes on the base [101] and the electrodes on the SAW resonating element [92] are connected electrically using bonding wires [95] in the same manner as above. A cap [102] is attached to the base [101] in a nitrogen atmosphere using a bonding agent. The cap [102] can also be attached using soldering or welding.

Figure 29 is a simplified diagram of a SAW resonator [110] housed in a SAW device. The SAW resonator [110] is formed using a piezo-electric material [111] such as a crystal element. The piezo-electric material [111] is cut into a flat piezo-electric substrate with the desired size and dimensions. It can be easily and efficiently shaped into a rectilinear shape so as to be attached near the reflector described below. An interdigital electrode (IDT) [112] is formed the center of one surface (the main surface) of the piezo-electric material [111] consisting of a thin-film electrode made from, for example, an aluminum-based material. A reflector [113] consisting of a thin-film made from, for example, the same aluminum-based material as the electrode, is formed on both sides of the piezo-electric material [111] lengthwise with respect to the IDT [112]. A conductive connection land [114] bound to the IDT [112] and made from the same material as the IDT [112] is formed lengthwise along the edge of the piezo-electric material [111]. The connection land [114] is connected electrically using wire bonding.

A SAW device with a high Q value (resonance sharpness), a low equivalent series resistance, and a stable resonance frequency is needed to configure oscillators that are stable in the high- /3 frequency range using SAW devices. In SAW devices of the prior art like the one described above, the SAW resonator element is bonded to a supporting substrate using a bonding agent. However, a difference in the thermal expansion coefficient of the SAW resonator element and the support structure, contraction of the bonding agent, or a warped support structure can cause a distortion in the SAW resonator element and this can cause the resonating

frequency to become unstable and a higher low equivalent series resistance. Many SAW devices do not need such a high Q value because they use SAW filters of the prior art. Unfortunately, SAW resonator elements used in oscillators must obtain a stable resonating frequency from the filter. Therefore, a highly stable oscillator using a SAW resonator with a low equivalent series resistance and a high Q value is desired.

In order to obtain a highly reliable oscillator, the devices used in the oscillator also have to be highly reliable. In the case of a SAW device, the frequency changes when foreign particulates such as dust adhere to the surface with the IDT, and problems occur such as the inability to obtain stable resonance characteristics. If the IDT and the leads are not connected, stable oscillating characteristics cannot, of course, be obtained. An increase in the connection resistance due to a connection defect can change the frequency and lower the Q value. Therefore, it is important to obtain a highly reliable device that avoids the effects of a distortion in the surface of the SAW resonator element, removes the effects of foreign particulates, and prevents a deterioration in the connection conditions.

Disclosure of the Invention

In the present invention, the SAW resonator element is supported only at the end to prevent adverse effects on the SAW resonator element due to the support material and the bonding agent. In other words, only one end lengthwise of a SAW resonator /4 element with an interdigital electrode in the center of a rectilinear cut surface is connected to the support structure. This reduces the area affected by the support structure and allows the SAW resonator element to be suspended inside a housing such as a case. In this way, a SAW resonator with good edging properties is obtained that is not subject to shocks external to the SAW resonator element, is not affected by warping, and has an extremely stable resonating frequency. In other words, it is here disclosed that the effect of warping on a SAW resonator element can be reduced by mounting one end on a reflector (hereinafter referred to as "side mounting").

The SAW resonator element is side-mounted, and the SAW resonator is sealed in a housing structure or case such as a metal cylinder, round can or box via a support structure. The cross-section of the cylinder is round or oval-shaped. In a cylindrical case, the SAW resonator element is mounted substantially parallel to the cover. In a round can or box, the element is mounted substantially perpendicular to the cover. An electrical connection to the SAW resonator element sealed inside a housing is secured using by a plurality of leads in the support structure. This can be sealed in a box-shaped ceramic box. In this case, an electrical connection can be secured using a lead pattern.

It is also disclosed in this application that the SAW resonator can be a device using a piezo-electric SAW and that the Q value of the SAW resonator can be changed using the atmosphere inside the housing. Therefore, it is understood that a SAW resonator with a high Q value can be obtained by reducing the atmosphere inside the housing to a near vacuum.

Also, when a SAW resonator element is sealed inside a housing, the space inside the housing can be effectively activated if the surface of the SAW resonator element is mounted on an incline intersecting the center line of the housing. In this way, troubles caused when the housing makes contact with the SAW resonator element can be prevented. Therefore, the leads have to be arranged so the section making contact with the SAW resonator element is on /5 an incline with respect to the center line of the housing.

When the SAW resonator element is side mounted, the piezo-electric material can be supported using a non-conductive bonding agent. It can also be supported so the leads are electrified as the connection land in the SAW resonator element is connected. Both methods can be used simultaneously, or the strength can be maintained by using one method as the main supporting method and the other method as the secondary supporting method.

When the leads are connected to the connection land, the flat connecting end is attached to the leads, the electrified area is maintained, and the tip of the connecting end is effectively divided at least in two. Because an aluminum-based electrode is often formed in the connection land, it is difficult to solder

using the common method. Because a thin oxide film naturally forms on the surface of the electrode, it is also difficult to maintain a stable electrical connection using only a general non-conductive bonding agent. For this reason, a conductive bonding agent mixed with an anti-oxidant is effective. In order to prevent the effects of an oxide film on the electrode, it is effective to form at least one nick after the conductive bonding agent has been applied to the connection land, and to form a bump on the connection land.

SAW devices are also vulnerable to foreign particulates such as dust in the housing. By anodizing at least one of the interdigital electrodes to form an oxide film at least 280 Å thick, this problem can be prevented. If one of the interdigital electrodes is anodized, the resonating frequency can be measured in the wafer state. The resonating frequency of the SAW resonating element can also be adjusted using the anodizing process.

A surface-mounted device can also be provided by integrating the SAW resonator with a lead frame connected electrically to the leads using a resin. If the housing is metal and the housing is /6 molded to an electrically connected lead frame, the surface-mounted SAW device strongly resists noise when grounded.

Brief Explanation of the Drawings

Figure 1 is a simplified diagram of a SAW resonator element of the present invention.

Figure 2 is a graph comparing the characteristics of side-mounted and full surface mounted SAW resonators.

Figure 3 is a graph showing the edging characteristics in the case of side mounting.

Figure 4 is a graph showing the edging characteristics in the case of full surface mounting.

Figure 5 is a cross-sectional view of a SAW resonator in which the SAW resonator element is side mounted inside a cylindrical case.

Figure 6 is a cross-sectional view of the SAW resonator structure from a direction perpendicular to Fig. 5.

Figure 7 is a cross-sectional view of a SAW resonator mounted using a method other than the one shown in Fig. 5.

Figure 8 is an exploded perspective view of a SAW resonator in which the SAW resonator element is side mounted inside a box-shaped case.

Figure 9 (a) is a cross-sectional view of the SAW resonator in Fig. 8, and Fig. 9 (b) is an enlarged view of the lead connection.

Figure 10 (a) shows a configuration in which the SAW resonator element is side mounted inside a ceramic case, and Fig. 10 (b) is a cross-sectional view of a SAW resonator structure using a ceramic case.

Figure 11 is a cross-sectional view of a SAW resonator structure using a different side-mounting method. /7

Figure 12 is a graph used to compare the atmosphere inside the housing to the equivalent series resistance produced by the atmosphere.

Figure 13 is a graph showing the relationship between the Q value and the resonating frequency when the atmosphere inside the housing is air or a vacuum.

Figure 14 is an enlarged cross-sectional view of the connection between the connection land and the leads.

Figure 15 is a cross-sectional view showing the formation of a bump in the connection land and the lead connection.

Figure 16 is a planar view of the end of a lead divided in two and the tip connected to the connection land.

Figure 17 is a cross-sectional view showing the formation of a stud bump in the connection land and the lead connection.

Figure 18 is a planar view showing the formation of a nick in the connection land and the lead connection.

Figure 19 is a cross-sectional view of the leads connected to the connection land in Fig. 18.

Figure 20 is a diagram showing the pattern used to oxidize the electrodes on one side of an anodized wafer.

Figure 21 is a diagram of the device used to perform the anodizing.

Figure 22 is a diagram showing the pattern used to anodize the electrodes on both sides.

Figure 23 is a graph showing the change in the thickness of the oxidized film versus the anodizing voltage.

Figure 24 is a graph showing the change in the resonating frequency based on the anodizing voltage.

Figure 25 is a see-through view of the SAW resonator in Fig. 5 molded to create a surface-mounted device. /8

Figure 26 is a diagram showing a surface-mounted device in which the SAW resonator can be grounded.

Figure 27 is a cross-sectional view of a SAW resonator structure of the prior art.

Figure 28 is a diagram of a SAW resonator structure of the prior art different from the one shown in Fig. 27.

Figure 29 is a planar view of a SAW resonator element used in the prior art.

Preferred Embodiment of the Invention

Figure 1 shows an example of a SAW resonator element of the present invention. The SAW resonator element [1] is a piezo-electric material such as crystals, lithium tantalate and lithium

[niobate] cut into a rectilinear substrate (chip) [2]. The piezo-electric chip [2] is cut into a flat rectangle, and an IDT [5] consisting of a pair of electrodes [4a, 4b] is formed in the center of the surface (main surface) [3]. Reflectors [6a, 6b] are also formed on both sides of the IDT [5] lengthwise. The pair of electrodes [4a, 4b] forming the IDT [5] have connection lands [7a, 7b] covering a somewhat large area on the outside of one of the reflectors [6a] (i.e., along the edge of the chip [2]) leading to the end [2a] of the chip [2]. The electrodes [4], the reflectors [6] and the connection lands [7] are usually made from a conductive material such as gold, aluminum or an aluminum-copper alloy. An aluminum-based material is most often used from a standpoint of productivity and cost.

Mounting Method For SAW Resonator Element

Figure 2 shows the change in the resonating frequency (F_r) and the amount of distortion in the chip [2] when a 145 MHz SAW resonator element [1] (length 6.5 mm, width 1.6 mm and thickness 0.4 mm) with a crystal ST cut is supported on one end [2a] of the chip [2]. It also shows the change in the resonating frequency (F_r) and the amount of distortion in the chip [2] when supported entirely on the main surface [3] of the chip [2] or the opposite surface [9] using a bonding agent of the prior art as described below. As shown in Fig. 2 (b), the amount of distortion in the chip [2] changes the most in the case of the main surface [3] as is reflected in the distortion of the chip [2] and the warping. /9

When supported on the end [2a] of the chip [2] (i.e., side-mounted) as shown in Fig. 2, the frequency change is negligible and the amount of chip distortion is every small. In contrast, when mounted over the entire opposite surface [9] of the chip (i.e., full surface mounted), the change in frequency is greater than 100 ppm, and the amount of chip distortion exceeded 500 nm. This is very high. In order to obtain a resonating frequency due to surface acoustic waves over the main surface, the opposite surface of the SAW device can be connected securely so the main surface is unaffected. However, the data suggest that the state of the chip and the resonating frequency are affected significantly by the choice of mounting methods. In full surface mounting of the prior art, where the chip is secured so as to obtain a stable frequency,

the amount of chip distortion and the resonating frequency change are significant. In contrast, the amount of chip distortion and the resonating frequency change in a side-mounted chip is insignificant. Therefore, the SAW resonator element should be side mounted in order to obtain stable high-performance characteristics.

Figures 3 and 4 show the edging characteristics when a SAW resonator element is side-mounted and full surface mounted. These figures show the results regarding the resonating frequency change Δf_r and the equivalent series resistance change ΔR_r after the SAW resonator element has been mounted and allowed to stand at 85°C for the desired amount of time. One-thousand hours after a SAW resonator element had been side-mounted, the resonating frequency change Δf_r was less than 10 ppm. In the case of a full surface mounted SAW resonator element, the change tended to be around 30 ppm. As for the equivalent series resistance change ΔR_r , the amount of change was nearly 0 W in the case of the side-mounted device. In contrast, the equivalent series resistance R_r of the full surface mounted device tended to increase between 1 and 3 W. Because the tendency towards edging was caused by the hardening of the bonding agent and the difference in thermal expansion coefficients of the mounted materials in the case of the full surface mounting, this problem can be eliminated using side mounting.

In other words, the edging characteristics of a side-mounted SAW resonator element are superior to full surface mounted devices of the prior art. By side-mounting the SAW resonator element, a resonator with stable long-term properties can be obtained, and a SAW resonator with a high Q value can be obtained for a highly stable oscillator because of the small increase in the equivalent series resistance.

The following is a description of the method used to side mount a SAW resonator element [1]. Figure 5 is a simplified diagram of a SAW resonator with a SAW resonator element side-mounted using leads. The SAW resonator [20] is a SAW resonator element [1] housed inside a cylindrical metal case [21] with a single opening. A so-called hermetic terminal [22] is embedded in the opening [21] in the metal case [21], and the case [21] is then sealed. The hermetic terminal [22] is a metal ring [24] with a /11

glass section [23] on the outside surface. Two leads [25] are passed through the glass section [23]. The ends [25c, 25d] of the leads [25] inside the case [21] are connected to the connection lands [7a, 7b] in the SAW resonator element [1], and the SAW resonator element [1] is side-mounted inside the case [21] via the leads [25] using the hermetic terminal [22] (henceforth called a plug including the leads).

The leads [25c, 25d] are fixed to the connection lands [7a, 7b] using a fixing agent [26]. The fixing agent [26] can be solder or a conductive bonding agent for establishing an electrical connection. It is critical that the connection between the leads [25c, 25d] and the connection lands [7a, 7b] be low resistance. This is explained in greater detail below. A plug plating [27] and case plating [28] are applied to the case [21] and the metal ring [24] in the plug to make the case airtight. The plating serves as a seal. This is explained in greater detail below.

Figure 6 shows the SAW resonator [20] from the side of the SAW resonator element [1]. The SAW resonating element [1] is connected to the leads [25] so the main surface [3] is inclined at an angle with respect to the center line [29] of the case [21], and the center line [29] and the SAW resonator element [1] intersect. When the SAW resonator element [1] is mounted in this manner, the SAW resonator element [1] can be mounted in the center of the case [21] even when the leads [25] are in the center of the plug. As a result, there is sufficient space between the SAW resonator element [1] and the inner surface [21a] of the case [21]. By creating this space, the case [21] and the SAW resonator element [1] do not come into contact with each other when the SAW resonator element [1] is inserted into the case [21], and problems associated with unstable oscillation are eliminated. It also prevents problems caused by dust and the resonator element coming into contact with the case [21].

The angle at which the SAW resonator element [1] is inclined should fall within a range extending from the position where the SAW resonator element [1] is parallel with the center line [29] to the position where the end [8d] of the chip [2] without a connection land intersects the center line [29]. The ends [25c] of the leads [25] are bound using a bonding agent [26] which does not

make direct contact with the connection lands [7]. As a result, the mounting angle is easy to obtain. The ends [25c] of the leads [25] can, of course, be inclined at the desired angle. The ends [25c] of the leads [25] can be cut or broken off at the desired angle, and the cut or broken off surfaces can be connected to the connection lands [7].

Figure 7 is a partial view of a SAW resonator element [1] side-mounted on a plug using a non-conductive bonding agent [30]. In the example shown in this figure, the leads [25c, 25d] are connected to the connection lands [7a, 7b] using a non-conductive bonding agent [26]. In other words, a non-conductive bonding agent [30] is used to augment the side-mounting. The SAW vibration occurs on the surface of the chip [2] and the thickness of the chip has to be enough to maintain the characteristics of the SAW resonator element [1] as much as possible. A sufficient thickness is 10 times the SAW wavelength. However, the thickness of the chip increases the weight of the SAW resonator element in the case of a low resonating frequency. In this case, a conductive bonding agent [26] and a non-conductive bonding agent [30] are used to side-mount the SAW resonator element [1] with strength sufficient to withstand impacts and vibrations. The non-conductive bonding agent [30] should cover only a small area of the SAW resonator element [1], and should cover the connection lands [7] so as to take into account the characteristics of the SAW resonator element. In other words, it should not reach the reflector [6a] on the side [2a] of the chip.

Figures 8 and 9 show a SAW resonator element [1] side-mounted in a flat oval-shaped case [21]. As shown in Fig. 9, two leads [25] pass through the insulator [31a] on one end of the base [31] of the flat oval-shaped case, and a flat connecting end [25c] extending along the base [31] is formed in the tips of the leads [25]. The connection lands [7] in the SAW resonator element [1] /13 are formed on the connecting end [25c], and the leads [25] are secured to the connection lands [7] using a conductive bonding agent [26]. The connecting end [2a] of the SAW resonator element [1] is also secured using a non-conductive bonding agent [30]. Using this fixing method, the SAW resonator element [1] can be side-mounted inside a thin case [21]. The case [21] can, of course, be a round can-like case or an angular box-like case.

The SAW resonator element [1] can also be attached with the main surface containing the IDT attached in the direction of the base [31], which is the opposite of what is shown in the figure. In this case, because the space between the main surface [3] and the base [31] is narrow, it is difficult for foreign particulates to enter. This increases reliability. Side-mounting can be used to orient the main surface in whatever direction is deemed necessary. The position of the connection lands [7] does not have to be on the main surface [3] here the IDT is formed. It can be on the opposite surface [9], the side surfaces [8a, 8b] or the end surface [8b]. If the connection lands [7] are formed on the opposite surface [9] or the side surfaces [8a, 8c], the position of the connection lands [7] should be towards the fixed end [2a] of the chip to prevent a deterioration in the SAW resonator element characteristics. The connection lands [7] are arranged near the reflector [6a] at the fixed end [2a] or towards the fixed end [2a] of the chip. Ideally, the connection lands [7] should be formed closer to the fixed end [2a] than the reflector [6a] like they are positioned on the main surface [3]. When the connection lands are formed somewhere other than the main surface, vapor deposition has to be used to form the conductive pattern. Sufficient care should be exercised to prevent connection defects. In order to prevent connection defects, it is important for the attachment area to be large enough for the conductive pattern. For this reason, placement of the connection lands on the main surface is recommended.

Figure 10 shows an example of a SAW resonator [20] in which the SAW resonator element [1] is side-mounted inside a ceramic case [32]. The ceramic case [32] is box-shaped with four surrounding walls. A conductive pattern [33] connected to a position outside the ceramic case [32] is formed in the surface of a tiered section [32a], and the conductive pattern [33] and the connection lands [7] in the SAW resonator element [1] are connected when the SAW resonator element [1] is side-mounted. When the SAW resonator element [1] is mounted, the connection lands [7] and the conductive pattern [33] are connected using a conductive bonding agent [26], and the fixed end [2a] of the chip is attached to the tiered section [32a] using a non-conductive bonding agent [30]. After the SAW resonator element [1] has been mounted, a lid [34] is placed over the ceramic box [32] and the case is welded shut. /14

Figure 11 shows another example of a SAW resonator element [1] side-mounted inside a ceramic case [32]. In this example, the fixed end [2a] of the SAW resonator element [1] is fixed using a non-conductive bonding agent or a ceramic spacer so it is raised off the bottom surface [32b] of the ceramic case [32]. The SAW resonator element [1] is also connected electrically to the conductive pattern [33] using a bonding wire [36].

The non-conductive bonding agent used to mount the SAW resonator element [1] is heat-resistant enough to be able to maintain sufficient strength in the operational temperature range of the SAW resonator. It also has to be a thermosetting resin that does not generate gas to contaminate the SAW resonator element inside the case. During hardening, it can be extended to the SAW resonator element or not extended to the outside surface of the plug. Either option is ideal. It should also be hardened at a low temperature so stress is not stored in the SAW resonator element during the hardening process. In this example, an epoxy resin is used as the non-conductive bonding agent under these conditions and is hardened using ultraviolet radiation or heat. /15

By side-mounting the SAW resonator element, the end opposite the fixed end is suspended in space. Compared to a full surface mounted device of the prior art, it is free of physical, chemical and thermal distortion due to other elements such as the base. The fixed end may be distorted by the leads to the bonding agent, but the vibrational energy is sealed in the component subjected to the distortion, and the effect beyond the vibrating component is eliminated to the outside of the two reflectors between which the IDT is interposed. As a result, a SAW resonator is obtained using the side-mounting method that is not subjected to manufacturing distortion, and a high-quality SAW device is provided which is also not subjected to the vagaries of the environment.

Atmosphere Inside Housing For Resonator Element

In order to mount a SAW device that is not affected by the environment, the SAW resonator element is mounted inside a hollow housing such as a cylindrical case, a box-like case or a ceramic case. Figures 12 and 13 show the effect of the atmosphere inside the housing on the resonator.

Figure 12 shows the equivalent series resistance R_r of a SAW resonator sealed in a $< 1 \times 10^{-5}$ torr vacuum and a SAW resonator sealed in air. Here, an ST cut SAW resonator element with a relay wavelength of 145 MHz is mounted inside a cylindrical metal case with a single opening as described earlier with reference to Fig. 7. The equivalent series resistance R_r of the SAW resonator element sealed in the vacuum was 3~5 W less than the element sealed in air. A SAW device is a device that uses the surface acoustic waves of a piezo-electric material, and the atmosphere is known to affect the device. By reducing the atmosphere surrounding the SAW resonator element to a vacuum, a low-loss resonator can be realized. If the equivalent series resistance R_r is reduced, a SAW resonator with a high Q value can be obtained. /16

Figure 13 shows the Q values of SAW resonators sealed in air and a vacuum. Here, the ST-cut SAW resonator elements have a resonating frequency between 100 and 300 MHz. A higher frequency tends to result in a lower Q value. Therefore, a SAW resonator with a high Q value at high frequencies is essential to realizing a stable high-frequency oscillator. As shown in the figure, a resonator with a 60% higher Q value at 200 MHz can be obtained sealed in a vacuum rather than in air.

The cylindrical case shown in Fig. 5 is ideal for sealing the device with a vacuum inside the housing. The shape shown in Fig. 5 forms a cylinder when sealed in an airtight fashion. The case [21] is made from a material such as German silver. When the plug is inserted, the case [21] is sealed airtight. The space between the case [21] and the plug is filled with an expanding metal or solder. Because the case and the plug can be efficiently and inexpensively plated using solder, this effectively fills the space between the case and plug to form a seal. The plating can be performed using any well known plating method such as the dipping method, with the metal ring and leads in the plug plated with the plug making contact with the inner surface of the case. The plug and the case can also be plated using an expansive plating with very good sealing properties. Other types of plating such as nickel can be used.

When using this type of case, the plug attached to the SAW resonator element can be simply inserted into the case and sealed. /17 Here, the atmosphere inside the case is the same as that outside the case. However, a vacuum can be created inside the case using a vacuum process, or a nitrogen atmosphere can be created inside the case using a nitrogen process. In this case, a SAW resonator with a high Q value can be formed in a vacuum inside the case by inserting the element into the case using special tools in a vacuum environment. This is the most effective means of mass producing these elements at reduced cost.

By sealing a SAW resonator element in a vacuum inside the housing, oxidation of the electrodes can be prevented, short-circuits can be prevented in micron-sized IDTs, and edging properties can be improved. In order to prevent oxidation of the electrodes and short-circuits, the housing can also be filled with an inert gas such as nitrogen. When an inert gas is sealed inside the housing and the internal pressure is increased, the discharge of harmful gasses from the bonding agent can be prevented.

Connection Between Connection land and Lead

In these SAW resonator elements, the electrodes are made from aluminum or an aluminum-based material. When the electrodes are made from aluminum, the surface naturally oxidizes and forms an oxide film. This cannot be effectively soldered. Here, the soldering has to be performed using aluminum flux and the electrodes have to be rinsed to maintain high quality. However, these measures undermine productivity and increase manufacturing costs. As shown in Fig. 14, the connection lands [7] can be connected to the leads [25] and the conductive pattern using a conductive bonding agent [26]. An antioxidant should be mixed into the conductive bonding agent [26] in order to keep the electrodes from becoming oxidized. In order to obtain a good electrical connection, the filler (i.e., the material that makes the conductive bonding agent conductive) should be silver or copper. /18

In this way, a low-cost, low-resistance SAW resonator can be obtained using a conductive bonding agent. However, if some unprocessed oxide film remains on the surface of the aluminum electrodes, direct current conductivity becomes difficult.

Therefore, all of the oxide film [37] has to be processed in order to reduce the equivalent series resistance R_r and provide a SAW resonator with a higher Q value.

Figure 15 shows bumps [40] formed in the connection lands [7]. These bumps [40] are formed by depositing, sputtering or ion-plating a highly conductive, oxide-resistant metal such as gold, silver or solder on connection lands [7] made from aluminum or an aluminum alloy. These bumps [40] are not affected by oxide film. When connection lands [7] with bumps [40] are attached to leads [25] using a conductive bonding agent [26], direct current conductivity becomes possible, the equivalent series resistance R_r is reduced, and a SAW resonator with a high Q value is obtained. Instead of using a conductive bonding agent, the leads [25] can also be connected to the bumps [40] without flux by melting solder plating on the leads. In this case, a non-conductive bonding agent has to be used to provide additional strength for side-mounting the SAW resonator element [1].

Figure 16 shows leads [25] connected to connection lands [7] as viewed from above the main surface [3]. The connecting end [25c] of the leads [25] in this example are embedded flat and split in two. The split ends are attached using a conductive bonding agent [26] so as to extend past both sides of the bumps [40]. The embedding of the connecting end [25c] of the lead increases the contact area for the conductive bonding agent [26]. This reduces contact resistance and simultaneously increases the attachment strength. By splitting the connecting end [25c] into two or more sections and forming bumps [40] on the connection lands [7], the arrangement can be simplified. Therefore, the area of the connection lands [7] can be effectively activated to obtain a good connection from the bumps [40]. Because the split leads [25] are effectively secured using a bonding agent [26], the leads [25] can be used to side-mount the SAW resonator element [1]. /19

Figure 17 shows an example in which stud bumps [41] are formed on the connection lands [7] using wire bonding. Stud bumps [41] are formed by removing oxide film [37] using ultrasound vibrations and wire bonding a metal such as gold or copper. The oxide film [37] can be effectively and inexpensively processed in this manner even when it is relatively thick. When bumps are vapor deposited,

high energy is needed when the oxide film is thick. Vapor deposition is also expensive. The stud bump method in this example increases productivity and reduces costs. When the stud bumps are formed by stretching wire across the surface of the connection lands [7], the effect is the same. The formation of bumps on the connection lands [7] significantly reduces the contact resistance with the leads. After conducting repeated experiments, the present inventors discovered that bumps reduced the equivalent series resistance R_r to 10~20 W. In contrast, the equivalent series resistance R_r of a SAW resonator (a cylindrical SAW resonator with a resonating frequency of 145 MHz) without bumps was 20~40 W. The range of equivalent series resistances R_r is narrowed by bumps to obtain a SAW resonator with stable performance.

Figure 18 shows a different means for connecting the connection lands [7]. In this example, the leads [25] are placed on the connection lands [7] and a conductive bonding agent [26] /20 is applied. A tool with a sharp tip is then used to nick in the surface of the connection lands [7] covered with the bonding agent [26] before the bonding agent [26] has hardened. One or two nicks [42] can be formed, and the leads [25] can be placed parallel or perpendicular to each other. Because the nicks [42] cut through the oxide film [37] and expose the aluminum metal of the connection lands [7], a direct current connection can be established between the connection lands [7] and the leads [25] via the conductive bonding agent [26]. Care must be exercised to prevent forming the nicks to the outside of the area covered with the bonding agent [26]. This oxidizes the outside area and leads to the reformation of the oxide film. Care must also be exercised to prevent the nicks [42] from disconnecting the electrodes in the separate connection lands [7] caused by the reformation of an oxide film in nicks extending beyond the bonding agent.

These nicks [42] can be formed by pushing the leads [25] into the connection lands [7] and applying mechanical vibration such as ultrasound vibration. If the bonding agent [26] is applied using a dispenser, the tip of the nozzle on the dispenser can be used to form the nicks as the bonding agent is being applied. A metal other than the one used in the leads can also be vibrated to cause the nicks. Contamination from the formation of the nicks can cause a loss of connectivity in the connection lands. Therefore, the

process has to be performed before the bonding agent [26] has hardened.

The present inventors were able to confirm in experiments that the improvement in the equivalent series resistance R_r from nicks was similar to the improvement from bumps. The nicks were in fact ideal. The random formation of three or more nicks had a similar or better effect than bumps. In addition to equivalent series resistance R_r , the present inventors also measured the change in direct current resistance. The resulting measurements indicated a direct current resistance of $5\ \Omega$ to ∞ in the case of untreated /21 oxide film, and 1 to $2\ \Omega$ in the case of nicks and bumps. This represents a highly precise narrowing of the range. In this way, the nicks and bumps eliminated the effect of oxide film and provided a SAW resonator with a high Q value at a low connection resistance (direct current resistance).

In order to obtain this effect, the nicks removing the oxide film have to be in the connection lands. These nicks are formed in the connection lands after the conductive bonding agent has been applied. If a low resistance connection is formed between connection lands with nicks and the leads, the nicks can be formed after the conductive bonding agent has been applied. If the surface of the nicks oxidize after being formed, a good connection cannot be established. Here, an antioxidant should be mixed into the conductive bonding agent. The antioxidant can be reductive such as hydroquinone, catechol or phenol. Silver particles and another metal such as nickel can also be added to stabilize the connection resistance and simultaneously prevent the formation of oxide film.

The present inventors were able to confirm the antioxidant effect in experiments. A SAW resonator with an antioxidant-free bonding agent that was annealed at 230°C for ten hours after the bonding agent hardened experienced a change in the resonating frequency of 100 ppm or more and an increase in the equivalent series resistance R_r of $30\sim 40\ \Omega$ compared to a value of $20\ \Omega$ or less before annealing. In contrast, the addition of an antioxidant to the bonding agent narrowed the change in the resonating frequency to 20 ppm, and kept the equivalent series resistance R_r below $20\ \Omega$. In other words, it maintained good values.

Electrode Protection

In the present invention, the SAW resonator element is side- /22 mounted and supported so it is suspended inside a housing such as a cylindrical case or ceramic case. The SAW resonator element is surrounded by space so the SAW resonator element is not affected by the surrounding environment. When the SAW resonator element is sealed so the SAW resonator element is surrounded by space, the SAW resonator has space for foreign particles to move around resulting from SUS or soldering. These foreign particles can corrode the electrodes in the SAW resonator element (e.g., the IDT or electrodes connecting the IDT to the connection lands). Because the IDT is patterned on the order of several microns, the presence of conductive particles between the electrodes can cause a short and prevent the stable operation of the SAW resonator. It is impossible to prevent all foreign particle contamination of a pattern on the order of microns. Because SAW resonators have a variety of uses and these foreign particles may be moved around due to the impact of mounting and transport or the mounting angle, trouble cannot be prevented at every stage of the SAW resonator assembly and mounting process.

In order to prevent problems caused by foreign particles, the IDT or the other electrodes can be coated with silicon oxide. However, the resonating frequency can be changed and the Q value lowered because of the different physical layers on the chip. This can reduce the effect of side-mounting. The present inventors observed the effect of oxide film formed on the surface of aluminum-based electrodes. Oxide film forms naturally on the surface of aluminum-based electrodes, as mentioned earlier, and can prevent shorts. However, the strength of naturally formed oxide films is insufficient because the film is too thin (10~30 Å). This cannot completely protect the electrodes from foreign particles that are moved by an impact such as dropping the device.

In the present invention, the aluminum-based electrodes in /23 the SAW resonator element are anodized to form an oxide film on the surface of the electrodes that is approximately 280 Å thick. This can prevent problems associated with the movement of foreign particles.

Figure 20 shows the process of anodizing a piezo-electric wafer [50] with a plurality of SAW patterns [51]. In this example, only one of the two electrodes [4a, 4b] constituting the IDT [5] is anodized. Therefore, the SAW patterns are applied to the wafer [50], connecting wire [52] is linked to electrode [4a] in the SAW pattern [51], and terminal [53] is connected to the power source for the anodizing process.

Figure 21 is a simplified diagram of the device used in the anodizing process. The anodizing solution [59] is placed in a vat [55], the terminal [53] on the wafer [50] is secured to a clip [56], and the wafer [50] is immersed in the oxidizing bath [59]. Then, a current is directed from the power source [57] to the end of the wafer [50] serving as the anode. The power source [57] is also connected to the cathode [58] immersed in the oxidizing bath [59]. In the present invention, a non-porous oxide film is formed by the anodization. The oxidizing bath [59] can be an aqueous solution with phosphoric acid salts or a mixture containing an aqueous solution with boric acid salts. An aqueous solution containing acid salts that are nearly neutral such as citric acid salts or adipic acid salts can also be used. The solution temperature should be room temperature to prevent the formation of a non-porous protective film. If an aqueous solution containing boric acid salts is used, for example, the temperature should range between 20 and 30°C.

When the anodizing process is performed under these conditions, an oxide film with a thickness comparable to the applied voltage can be formed on the surface of the electrodes. Because the thickness of the oxide film is controlled, a constant-voltage, constant-current power source should be used keep the supplied current constant when the current is first applied. Because the oxide film on the connection lands in the electrodes should be removed, a resist should be applied to the section corresponding to the connection lands to prevent an increase in the thickness of the oxide film there. /24

The present inventors intentionally introduced SUS particles (SUS particles with a diameter between 5 and 10 mm) in a cylindrical case to measure how frequently problems occurs. After repeated experiments on non-anodized resonators, they were able to

determine that the short rate was 100%. (In this test, the resonators were dropped 5 times from a height of 75~150 cm.) When one of the electrodes in the IDT was anodized, the frequency of shorts in the SAW resonators was reduced. The frequency of shorts was cut in half at an anodization voltage of 30 V. When the anodizing voltage was increased to 50 V and above, the incidence of shorts was reduced nearly to 0. Both electrodes in the IDT can also be anodized using the pattern shown in Fig. 22. In these resonators, the incidence of shorts was reduced nearly to 0 at an anodization voltage above 20 V. As shown in Fig. 23, the thickness of the oxide film was approximately 280 Å at an anodization voltage of 20 V, and approximately 700 Å at an anodization voltage of 50 V.

When only one of the electrodes in the IDT is intentionally covered with an oxide film, the film is thicker than when both electrodes are intentionally covered with an oxide film. According to the experiments, the film has to be formed two or more times. However, because one of the electrodes in the IDT can be formed separately in each pattern, the resonating frequency of each pattern can be measured before the wafer is cut into chips. If the process used to form the oxide film is repeated based on the measured resonating frequency, adjustments can be made to the resonating frequency during the manufacturing process so as to take into account the coarseness of the wafer and the patterning of each SAW resonator element. /25

Figure 24 shows the change in the resonating frequency of a plurality of wafers based on the anodizing voltage when the anodizing voltage is near 50 V. As shown in the figure, the resonating frequency can be adjusted in ppm units by adjusting the anodizing voltage. Therefore, if only one of the electrodes in the IDT is anodized, the resonating frequency can be measured during the wafer stage. The anodizing process can then be performed based on the results, and SAW resonator elements with pre-adjusted resonating frequencies can be easily obtained. By anodizing the electrodes, a trouble-free device maintaining superior properties can be obtained.

Surface-Mounted Device

Figure 25 is a see-through diagram of a device [60] with a surface-mounted SAW resonator [20] side-mounted inside a cylindrical case as explained earlier with reference to Fig. 5. In this device [60], the leads [25a, 25b] extending from the case [21] with the SAW resonator element sealed inside are welded, soldered or attached using a conductive bonding agent to lead frames [61a, 61b]. A lead frame [62] is also arranged opposite to the side in which the leads extend from the cylindrical case [21]. The lead frames [61, 62] and the case [21] are integrated in resin [65] at right angles to each other. The lead frames [61a, 61b] are used to electrically connect the surface-mounted SAW resonator [60]. Lead frame [62] is a dummy lead used to provide strength when the SAW resonator [60] is mounted on the substrate. Because they are integrated at right angles to each other using resin [65], the resonator can be mounted on a substrate using automated technology.

/26

Figure 26 shows a surface-mounted SAW resonator [60] in which the lead frame [62] used as the dummy lead is connected electrically to the cylindrical case [62]. The lead frame [62] makes contact with the case [21] at a certain location [69] and is connected electrically to the case [21] using the contact, insertion, soldering or conductive bonding agent method. When the lead frame [62] is connected to the case [21] in this manner, the metal case [21] is connected to the ground or grounded via the lead frame [62]. SAW resonators often operate at frequencies in excess of several hundred megahertz. Here, the grounding of the case [21] can shield the noise generated by the electromagnetic waves in the space, can prevent the SAW resonator from becoming a noise generator. By grounding a metal case such as a cylindrical case or box-like case using a lead frame, a noise-resistant surface-mounted SAW device can be provided.

This SAW device has a SAW resonator element side-mounted inside a case to provide a SAW resonator with a very stable resonating frequency. This SAW resonator has superior properties combining a low equivalent series resistance with a high Q value. By integrating the lead frames using resin, a superior surface-mounted device can be obtained. Because the SAW resonator element

is side-mounted to the leads using a conductive bonding agent and a non-conductive bonding agent, it has superior impact resistance. Because the electrodes are anodized, impacts do not cause a short-circuit. As a result, the present invention is able to inexpensively provide a high-quality surface acoustic wave resonator with superior conductive properties. /27

Industrial Applicability

The present invention provides a surface acoustic wave resonator element and a SAW resonator that have high performance in the high frequency range. These can be applied to various devices using SAW filters. The SAW device of the present invention is a particularly ideal device as a stable oscillator requiring a low equivalent series resistance and a high Q value. The present invention also provides a shape that can be easily surface mounted.

Claims

/28

1. A surface acoustic wave resonator, wherein an interdigital electrode is formed in the approximate center of a rectilinear piezo-electric body having a surface acoustic wave resonator element in which a pair of reflectors are formed lengthwise in the piezo-electric body with the interdigital electrode interposed therebetween and a support body for supporting the surface acoustic wave resonator element, and wherein one end of the surface acoustic wave resonator element is connected lengthwise to the support body.

2. The surface acoustic wave resonator in Claim 1, wherein the end of the surface acoustic wave resonator element with the reflectors is connected to the support body.

3. The surface acoustic wave resonator in Claim 1, wherein the surface acoustic wave resonator element is accommodated inside a hollow housing extending along the surface acoustic wave resonator element.

4. The surface acoustic wave resonator in Claim 3, wherein the housing is a metal cylinder, can or box, wherein the surface acoustic wave resonator element is sealed inside the housing using the support body, and wherein the interdigital electrode in the

surface acoustic wave resonator element is connected electrically to a plurality of leads via the support body.

5. The surface acoustic wave resonator in Claim 3, wherein the housing is a box-like ceramic case able to seal the surface acoustic wave resonator element, wherein the support body consists of a portion of the ceramic case, and wherein a conductive pattern is formed to electrically connect the interdigital electrode in the surface acoustic wave resonator element to the support body. /29

6. The surface acoustic wave resonator in Claim 3, wherein the surface acoustic wave resonator element is sealed inside the housing, and wherein the atmosphere inside the housing is a vacuum.

7. The surface acoustic wave resonator in Claim 3, wherein the surface acoustic wave resonator element is sealed inside the housing, and wherein an inert gas is sealed inside the housing.

8. The surface acoustic wave resonator in Claim 3, wherein the surface of the surface acoustic wave resonator is inclined with respect to the center line of the housing.

9. The surface acoustic wave resonator in Claim 8, wherein the surface acoustic wave resonator is connected to the support portion via the leads, and wherein the end of the leads connected to the surface acoustic wave resonator is inclined with respect to the center line of the housing.

10. The surface acoustic wave resonator in Claim 1, wherein the surface acoustic wave resonator and the support body are connected via a non-conductive bonding agent.

11. The surface acoustic wave resonator in Claim 1, wherein the resonator has at least two leads passed through the support body and at least two connection lands formed on the surface acoustic wave resonator element so as to connect with the leads, wherein the surface acoustic wave resonator element is attached /30 to the support body via the leads, and wherein the connection lands are formed at one end of the surface acoustic wave resonator element lengthwise in at least the surface, the opposite surface, both surfaces or the end surface.

12. The surface acoustic wave resonator in Claim 11, wherein the leads are equipped with a nearly flat connection end connected to the connection lands.

13. The surface acoustic wave resonator in Claim 12, wherein the tip of the connection end is slip at least in two.

14. The surface acoustic wave resonator in Claim 11, wherein the leads are connected to the connection lands via a conductive bonding agent containing an antioxidant.

15. The surface acoustic wave resonator in Claim 11, wherein the leads are connected to the connection lands via a conductive bonding agent, and wherein at least one nick is made in the connection lands after the conductive bonding agent has been applied.

16. The surface acoustic wave resonator in Claim 11, wherein a bump is formed in the connection lands.

17. The surface acoustic wave resonator in Claim 1, wherein an oxide film is formed on at least one of the electrode surfaces constituting the interdigital electrode using anodization. /31

18. The surface acoustic wave resonator in Claim 1, wherein an oxide film is formed on at least one of the electrodes constituting the interdigital electrode using anodization.

19. A surface acoustic wave resonator having the surface acoustic wave resonator element described in Claim 3, wherein a plurality of leads connected electrically to the interdigital electrode extend outside the housing, wherein lead frames are connected electrically to the leads, and wherein the surface acoustic wave resonator element and the lead frames are integrated using resin.

20. A surface acoustic wave resonator having the surface acoustic wave resonator element described in Claim 4, a lead frame connected electrically to the leads, and a lead frame connected electrically to the housing, and wherein the surface acoustic wave resonator element and the lead frames are integrated using resin.

21. A surface acoustic wave resonator element having a pair of electrodes near the center of the surface of a rectilinear piezo-electric body constituting an interdigital electrode, wherein an oxide film is formed on one of the electrodes using anodization.

22. A surface acoustic wave resonator having the surface acoustic wave resonator element described in Claim 21, wherein a pair of reflectors are formed on the surface of the surface acoustic wave resonator element lengthwise with respect to the piezo-electric body with the interdigital electrode interposed therebetween, and wherein the surface acoustic wave resonator has a support body for supporting the surface acoustic wave resonator element, and wherein only one end of the surface acoustic wave resonator is connected lengthwise.

/32

23. The surface acoustic wave resonator in Claim 22, wherein the end of the surface acoustic wave resonator element with the reflectors is connected to the support body.

24. The surface acoustic wave resonator in Claim 22, wherein the surface acoustic wave resonator element is accommodated inside a hollow housing extending along the surface acoustic wave resonator element.

25. The surface acoustic wave resonator in Claim 24, wherein the housing is a metal cylinder, can or box, wherein the surface acoustic wave resonator element is sealed inside the housing using the support body, and wherein the interdigital electrode in the surface acoustic wave resonator element is connected electrically to a plurality of leads via the support body.

26. The surface acoustic wave resonator in Claim 24, wherein the housing is a box-like ceramic case able to seal the surface acoustic wave resonator element, wherein the support body consists of a portion of the ceramic case, and wherein a conductive pattern is formed to electrically connect the interdigital electrode in the surface acoustic wave resonator element to the support body.

27. The surface acoustic wave resonator in Claim 24, wherein the surface acoustic wave resonator element is sealed inside the housing, and wherein the atmosphere inside the housing is a vacuum.

28. The surface acoustic wave resonator in Claim 24, wherein /33 the surface acoustic wave resonator element is sealed inside the housing, and wherein an inert gas is sealed inside the housing.

29. The surface acoustic wave resonator in Claim 24, wherein the surface of the surface acoustic wave resonator is inclined with respect to the center line of the housing.

30. The surface acoustic wave resonator in Claim 29, wherein the surface acoustic wave resonator is connected to the support portion via the leads, and wherein the end of the leads connected to the surface acoustic wave resonator is inclined with respect to the center line of the housing.

31. The surface acoustic wave resonator in Claim 22, wherein the surface acoustic wave resonator and the support body are connected via a non-conductive bonding agent.

32. The surface acoustic wave resonator in Claim 22, wherein the resonator has at least two leads passed through the support body and at least two connection lands formed on the surface acoustic wave resonator element so as to connect with the leads, wherein the surface acoustic wave resonator element is attached to the support body via the leads, and wherein the connection lands are formed at one end of the surface acoustic wave resonator element lengthwise in at least the surface, the opposite surface, both surfaces or the end surface.

33. The surface acoustic wave resonator in Claim 32, wherein /34 the leads are equipped with a nearly flat connection end connected to the connection lands.

34. The surface acoustic wave resonator in Claim 33, wherein the tip of the connection end is slip at least in two.

35. The surface acoustic wave resonator in Claim 32, wherein the leads are connected to the connection lands via a conductive bonding agent containing an antioxidant.

36. The surface acoustic wave resonator in Claim 32, wherein the leads are connected to the connection lands via a conductive

bonding agent, and wherein at least one nick is made in the connection lands after the conductive bonding agent has been applied.

37. The surface acoustic wave resonator in Claim 32, wherein a bump is formed in the connection lands.

38. A surface acoustic wave resonator having the surface acoustic wave resonator element described in Claim 24, wherein a plurality of leads connected electrically to the interdigital electrode extend outside the housing, wherein lead frames are connected electrically to the leads, and wherein the surface acoustic wave resonator element and the lead frames are integrated using resin.

39. A surface acoustic wave resonator having the surface acoustic wave resonator element described in Claim 25, a lead frame connected electrically to the leads, and a lead frame connected electrically to the housing, and wherein the surface acoustic wave resonator element and the lead frames are integrated using resin. /35

40. A method for manufacturing a surface acoustic wave resonator element having a first stage in which one of the electrodes in the interdigital electrode formed on the surface of a piezo-electric body is electrified and anodized, and a second stage in which the resonating frequency of the surface acoustic waves agitated by the interdigital electrode is measured, and wherein the first and second stage are performed in alternating fashion to set the resonating frequency to the desired value.

41. A method for manufacturing a surface acoustic wave resonator element, wherein the first stage and second stage described in Claim 40 are performed first, at least one pair of interdigital electrodes is formed on the surface of a piezo-electric wafer, the first stage and the second stage are performed in alternating fashion, and the piezo-electric wafer is cut up after the resonating frequency has been set to the desired value to complete surface acoustic wave resonator elements with interdigital electrodes.

42. A method for manufacturing a surface acoustic wave resonator element, wherein the first stage and second stage described in Claim

40 are performed first, at least one pair of interdigital electrodes is formed on the surface of a piezo-electric wafer, the first stage and the second stage are performed in alternating fashion, the piezo-electric wafer is cut up after the resonating frequency has been set to the desired value to complete surface acoustic wave resonator elements with interdigital electrodes, and wherein the surface acoustic wave resonator elements are connected at one end lengthwise to support bodies to complete surface acoustic wave resonators.

Figure 2 Chip Distortion and Frequency Change After Mounting

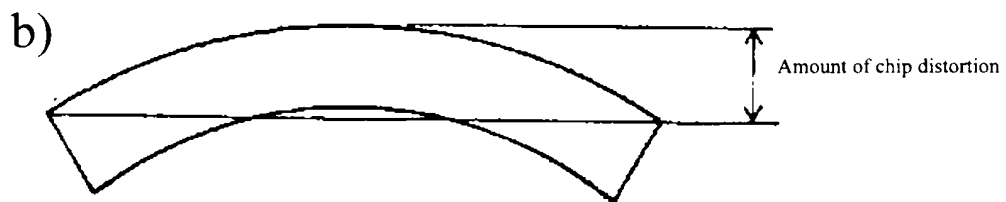
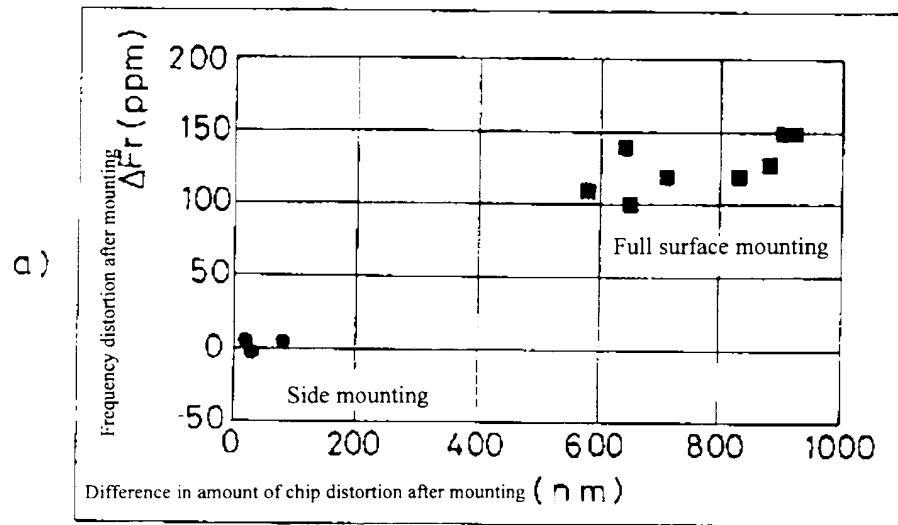


Figure 3

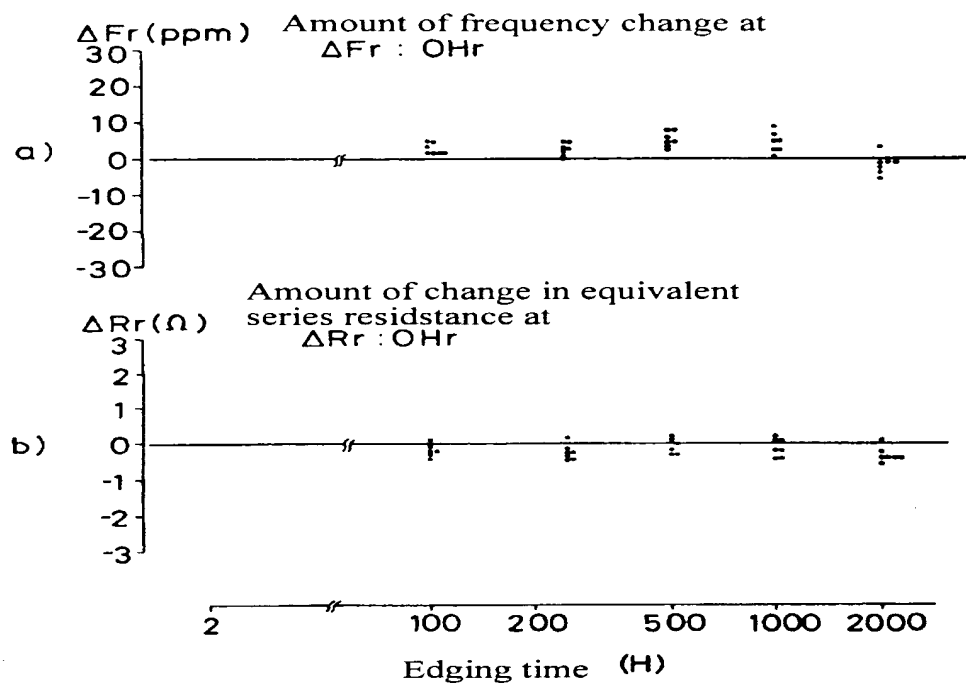


Figure 4

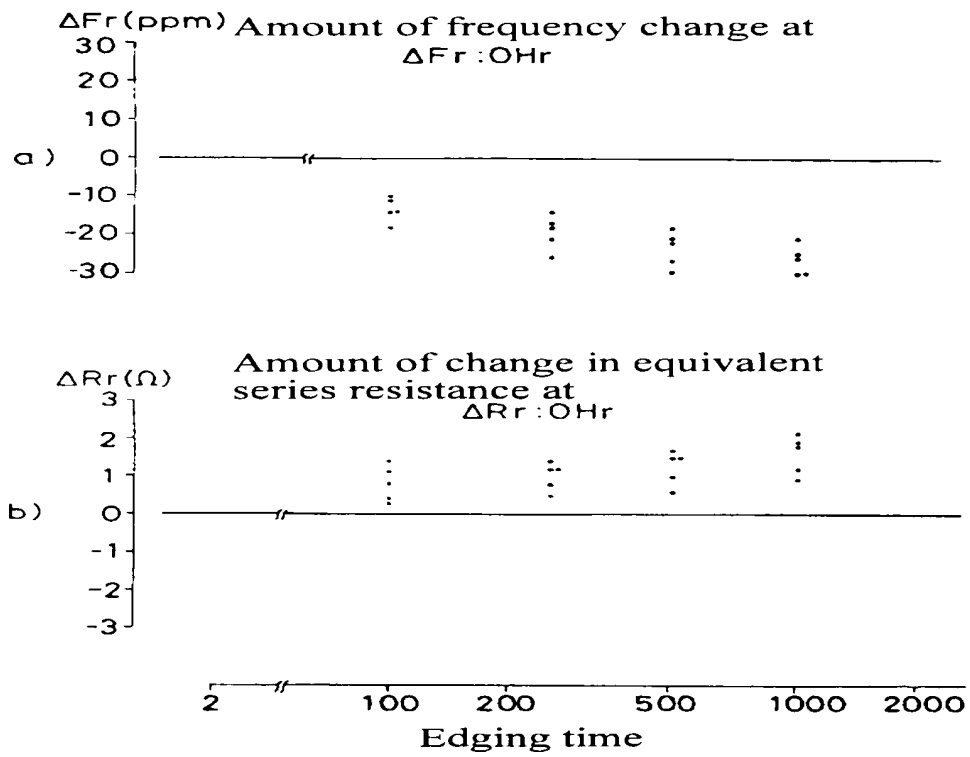


Figure 5

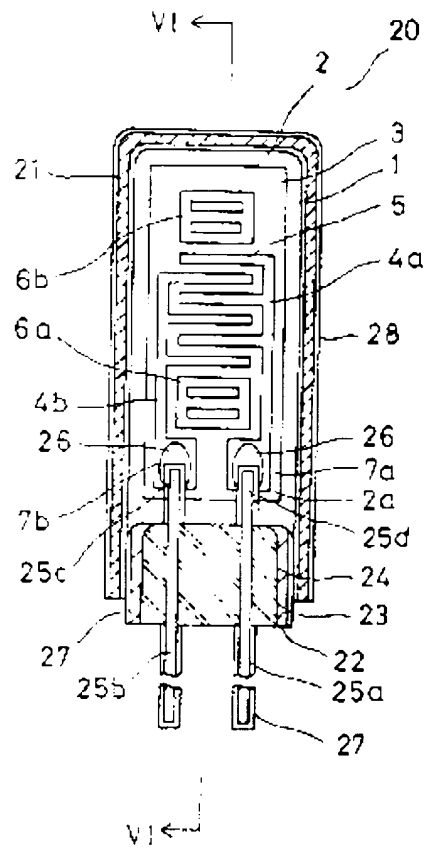


Figure 6

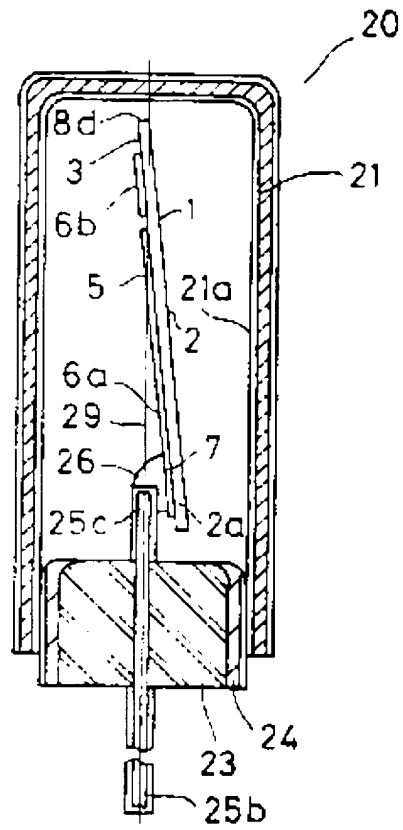


Figure 7

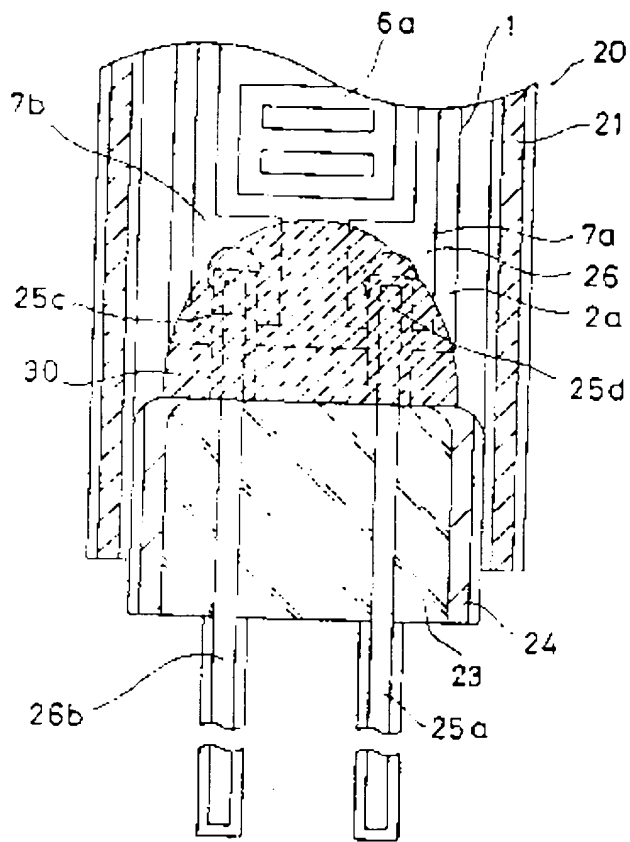


Figure 8

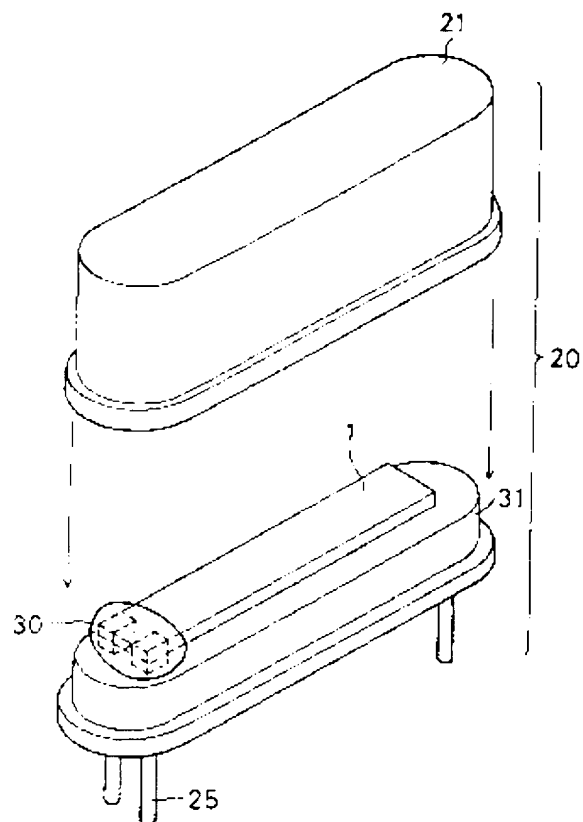


Figure 9

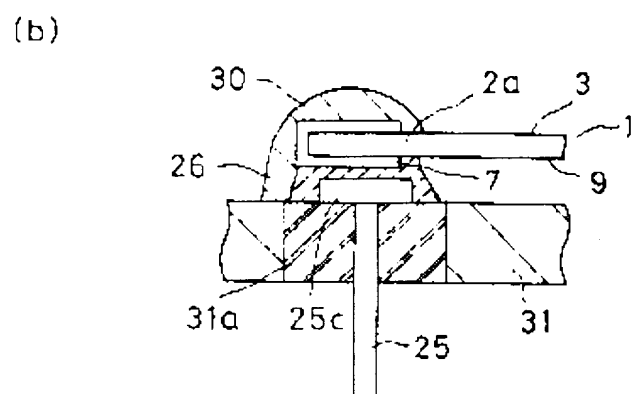
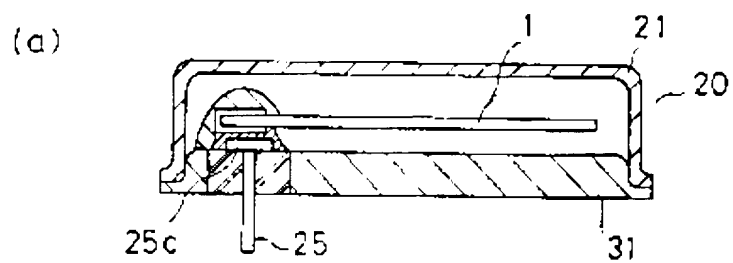


Figure 10

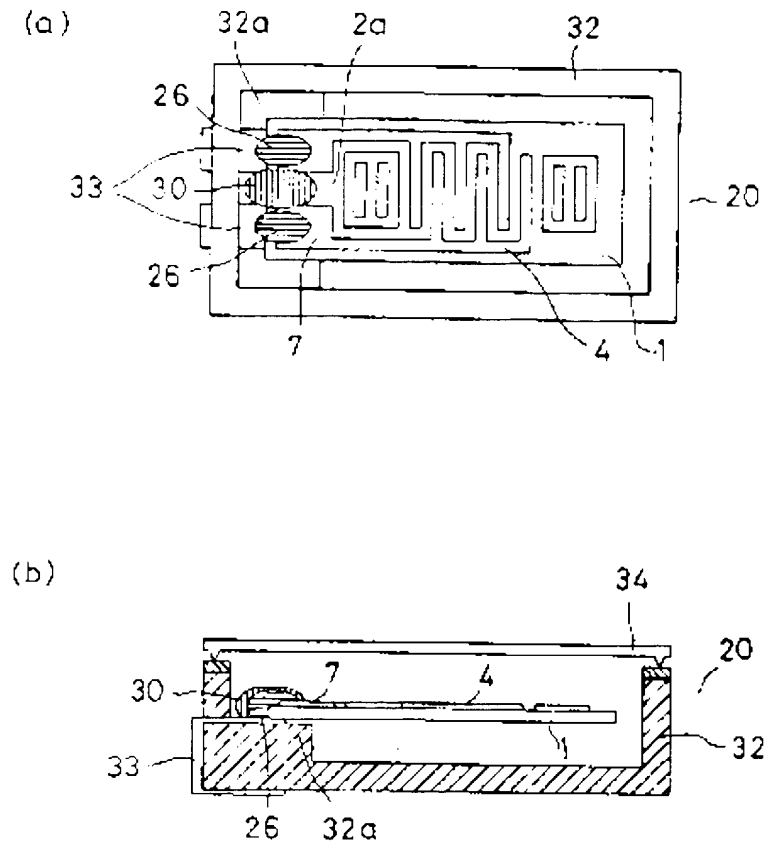


Figure 11

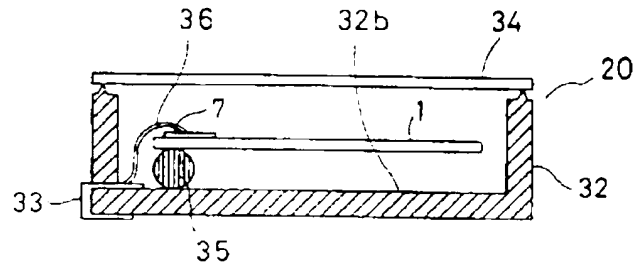
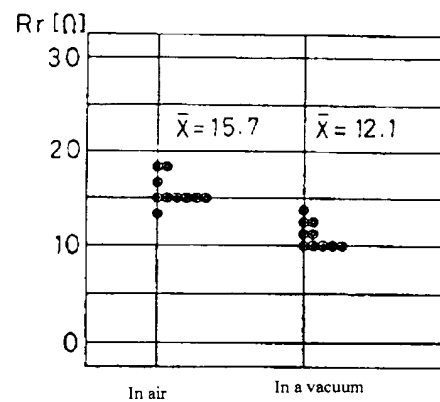
Figure 12 Change in Equivalent Series Resistance R_r Before and After Sealing

Figure 13

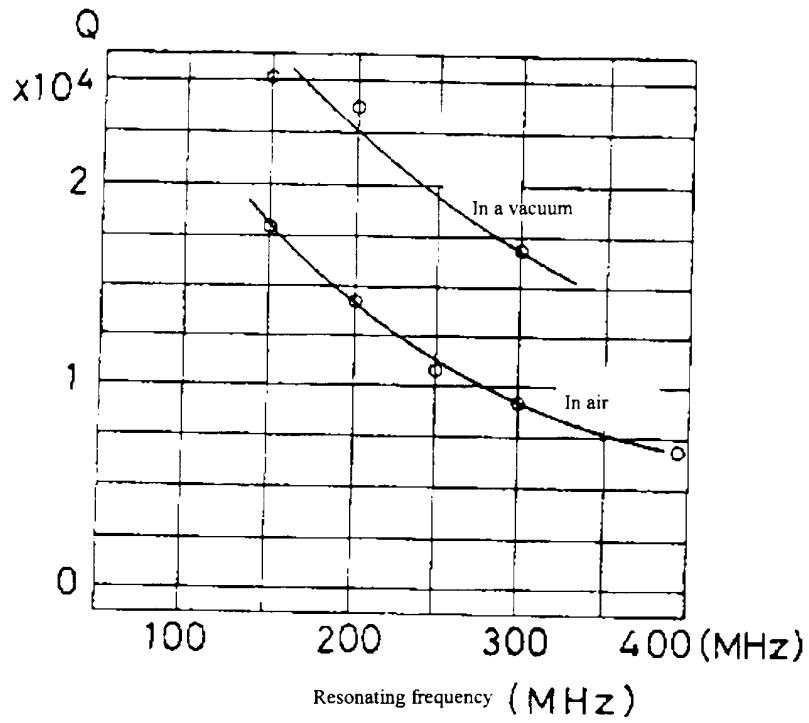


Figure 14

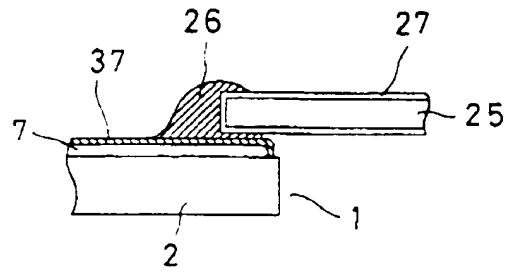


Figure 15

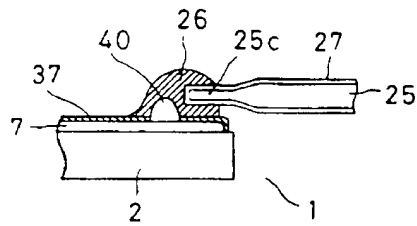


Figure 16

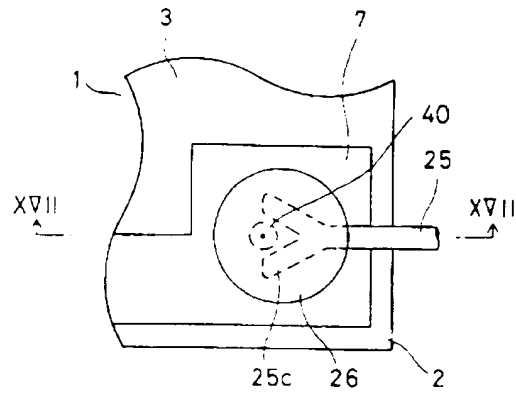


Figure 17

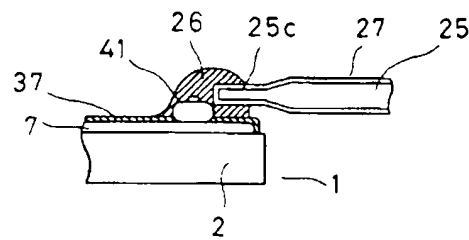


Figure 18

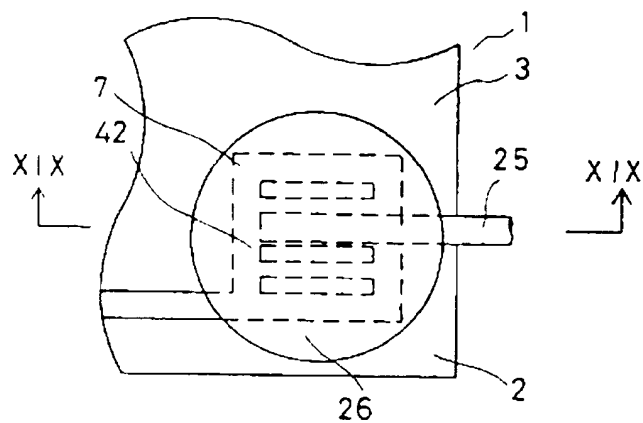


Figure 19

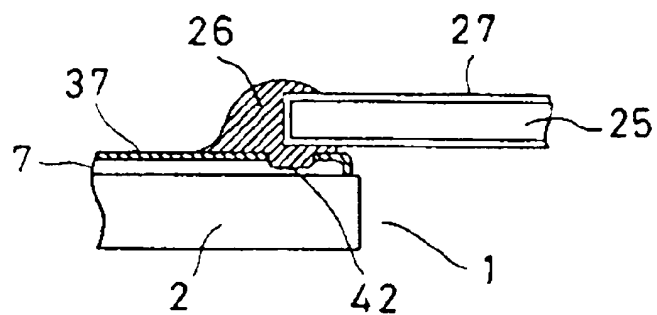


Figure 20

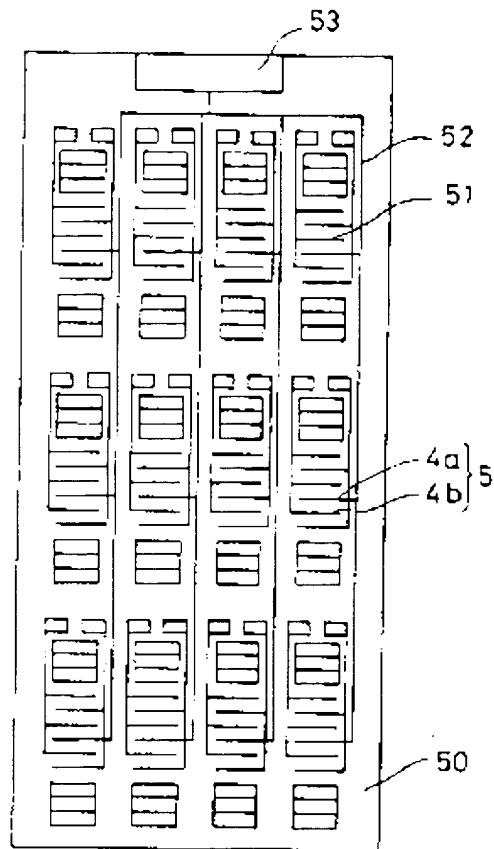


Figure 21

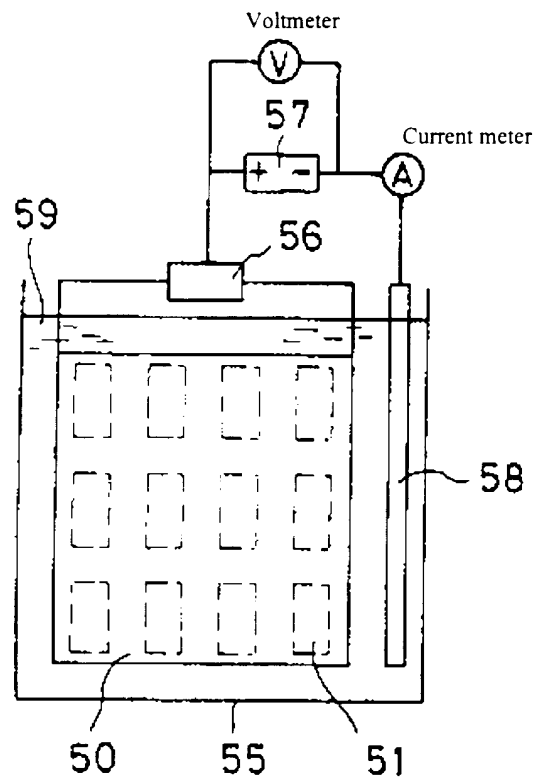


Figure 22

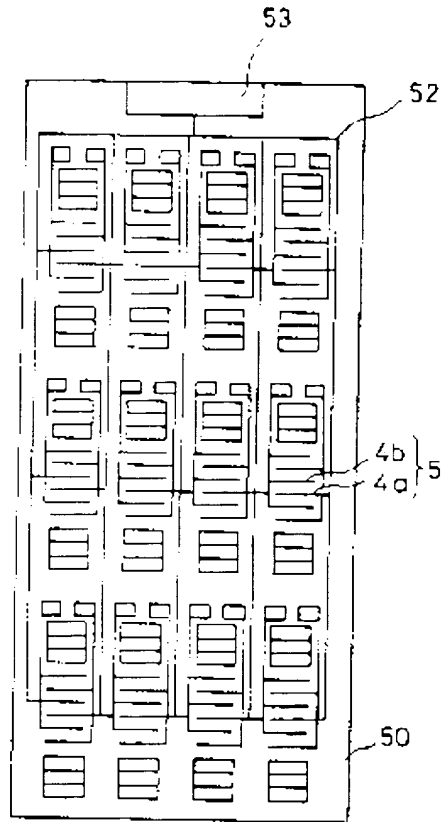


Figure 23 Results of Measuring the Thickness of the Anodized Aluminum Oxide Film Using an Ellipsometer

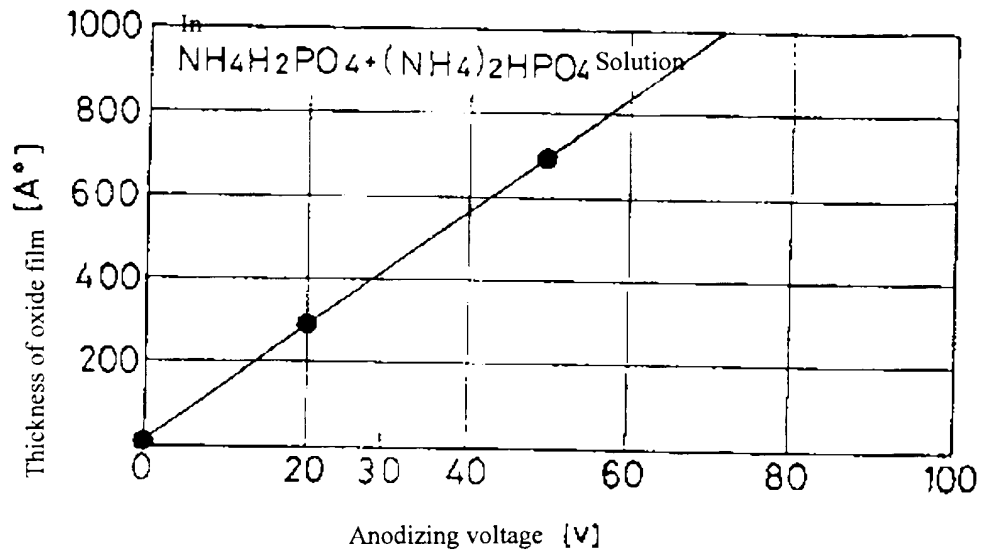


Figure 24

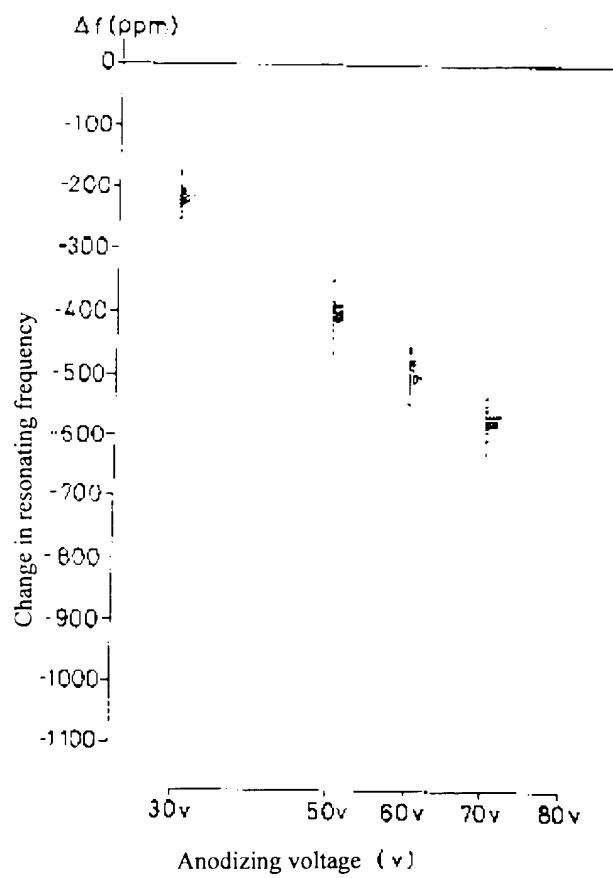


Figure 25

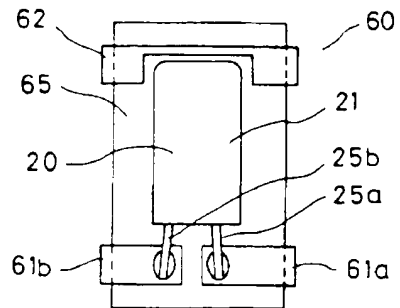


Figure 26

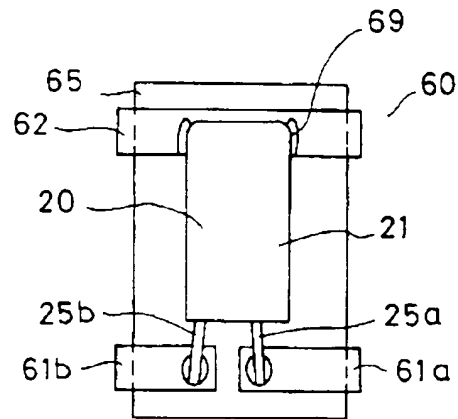
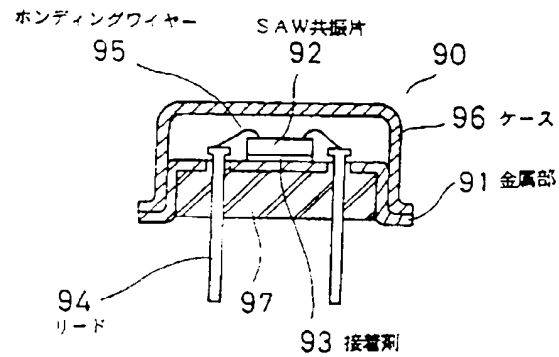
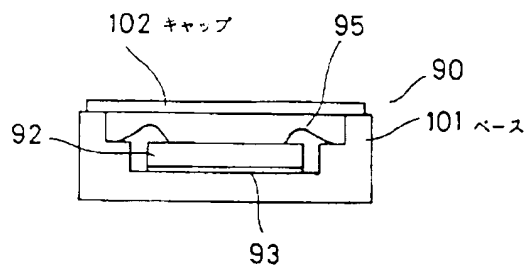


Figure 27



- 91 ... metal section
- 92 ... SAW resonator element
- 93 ... bonding agent
- 94 ... lead
- 95 ... bonding wire
- 96 ... case

Figure 28



- 101 ... base
- 102 ... cap

Figure 29

